

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: Άνωση, Ευστάθεια, εφαρμογές της Φυσικής στην
Ναυτιλία**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:ΝΤΑΟΥΛΑΣ ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:ΛΑΜΠΟΥΡΑ ΣΤΕΦΑΝΙΑ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2020

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: Άνωση, Ευστάθεια, εφαρμογές της Φυσικής στην
Ναυτιλία**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:ΝΤΑΟΥΛΑΣ ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ

ΑΜ:4041

Ημερομηνία Ανάληψης της εργασίας: 19 Μαΐου 2019

Ημερομηνία Παράδοσης της εργασίας: 01 Ιουνίου 2020

A/A	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1				
2				
3				

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής:

Ο καθηγητής: **ΛΑΜΠΟΥΡΑ ΣΤΕΦΑΝΙΑ**

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	7
ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΡΙΣΜΟΙ	7
1.1. Η έννοια της φυσικής	7
1.2. Το πλοίο	8
1.2.1.Το πλοίο σύμφωνα με τους κανονισμούς του Ναυτικού Δικαίου	8
1.2.2.Τα κύρια χαρακτηριστικά που διέπουν ένα πλοίο	9
1.2.3.Κριτήρια που κατατάσσονται οι κατηγορίες πλοίων	10
1.3. Η ναυσιπλοΐα	12
1.3.1. Ασφάλεια πλόων	12
1.3.2. Η Πρόοδος της Ναυσιπλοΐας.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	15
ΑΝΩΣΗ	15
2.1. Άνωση	15
2.1.1.Αρχή του Αρχιμήδη	16
2.1.2.Παραδείγματα στατικής άνωσης	17
2.1.3.Περιπτώσεις βύθισης	17
2.2.Η Άνωση του πλοίου	18
2.2.1. Όγκος άνωσης	18
2.2.2. Άνωση πλοίου.....	19
2.2.3.Εφεδρική άνωση ενός πλοίου	19
2.3. Παραμόρφωση πλοίου	20
2.3.1.Κύρτωση πλοίου	20
2.3.2.Καμπύλωση πλοίου	21
2.3.3.Στρέβλωση πλώρης.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	23
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΛΟΙΟΥ.....	23
3.1.Αντίσταση λόγω σχήματος R_{PV}	25
3.2.Αντίσταση λόγω κυματισμού R_w	26
3.3.Αντίσταση λόγω τριβής με το νερό	28
3.4. Αντίσταση λόγω αέρα.....	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	29
ΚΥΜΑΤΑ.....	29
4.1. Μεγέθη Κυμάτων	29
4.1.1. Περίοδος	29
4.1.2. Συχνότητα.....	30
4.1.3. Φάση κύματος.....	30
4.1.4. Πλάτος κύματος.....	30
4.1.5. Μήκος κύματος.....	31
4.1.6. Ταχύτητα κύματος	31
4.1.7. Μέτωπο κύματος.....	32
4.1.8. Ακτίνα κύματος.....	32
4.2. Είδη κυμάτων	33
4.2.1.Κατά το σχήμα του κύματος.....	33
4.2.2.Κατά το σχήμα του κυματομετώπου	34
4.2.3.Κατά την κατεύθυνση της διαταραχής	34
4.2.4.Κατά τη γεωμετρία του μέσου διάδοσης	35
4.2.5.Κατά το μέσο διάδοσης	36
4.3. Η χρήση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στα ραντάρ.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	40
ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ	40
5.1. Ροπή και μοχλοβραχίονας επαναφοράς	43
5.2. Μετάκεντρο.....	44
5.3.Μετάκεντρο εγκάρσιας ευστάθειας.....	44
5.4.Θέση του Μετάκεντρου.....	46
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	49
ΕΙΚΟΝΕΣ	51

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα το οποίο πραγματεύεται η πτυχιακή εργασία είναι οι εφαρμογές της φυσικής στη ναυσιπλοΐα. Ως ναυσιπλοΐα δίνεται η μετακίνηση του πλοίου στη θάλασσα με άξονες ασφαλείας την τήρηση της ισορροπίας παρά τους παράγοντες που μπορούν να την επηρεάσουν. Η φύση της λειτουργίας των πλοίων εξηγείται με αρχές και νόμους της φυσικής για τη διευκόλυνση μας στην αποτροπή από κινδύνους ή για τη διερεύνηση των λόγων καταστροφής στο κατασκευαστικό μέρος τους. Έπειτα από μία γενική αναφορά σε γενικούς ορισμούς σχετικά με τα πλοία και την ναυσιπλοΐα, γίνεται μία πιο συγκεκριμένη και αναλυτική θεώρηση, μέσω φυσικής εξήγησης, διαφόρων σχετικών φαινομένων.

Ξεκινώντας από την Αρχή της άνωσης με την αρχή του Αρχιμήδη αναλύεται ο τρόπος ισορροπίας των πλοίων στην επιφάνεια της θάλασσας μέσω παραδειγμάτων και αποδείξεων ενώ στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις στρεβλώσεις που αυτή μπορεί να προξενήσει στην κατασκευή του πλοίου. Έπειτα γίνεται λεπτομερής αναφορά στις τριβές που δημιουργούνται κατά την πρόωση του πλοίου καθώς και τα αίτια δημιουργίας τους. Ένας λόγος τριβής είναι επίσης και η ύπαρξη των κυμάτων τα οποία όμως αποτελούν από μόνα τους ιδιαίτερο κεφάλαιο, εφόσον πέρα από τα κύματα στη θάλασσα, εξίσου μεγάλη επιρροή στη ναυσιπλοΐα έχουν και τα ραδιομαγνητικά κύματα στη χρήση και τη λειτουργία των ραντάρ στα πλοία. Τέλος, μία ασφαλή ναυσιπλοΐα βασίζεται στην καλύτερη ισορροπία του πλοίου στη θάλασσα η οποία επιτυγχάνεται με τον ακριβή και σωστό υπολογισμό ταξιδιού αλλά κυριότερα της ευστάθειας.

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι να κατανοήσει ο αναγνώστης τις βασικότερες αρχές που επηρεάζουν τη ναυσιπλοΐα μέσω της φυσικής.

ABSTRACT

The topic the undergraduate thesis deals with is the applications of physics to navigation. Navigation is the movement of the ship at sea with safety considerations in balance despite the factors that may affect it. The nature of the operation of the ships is explained by principles and laws of physics to facilitate our avoidance of hazards or to investigate the causes of disaster in their construction. After a general reference to general definitions of ships and navigation, a more specific and detailed view is made, by way of explanation, of various relevant phenomena.

Starting from the Principle of Rise to the Principality of Archimedes, we analyze the equilibrium of ships at sea level by means of examples and proofs, and then refer to the distortions this may cause in the construction of the ship. The friction created during the propulsion of the ship and the reasons for its creation are then detailed. One reason for friction is also the existence of waves, which are, in themselves, a special asset, since in addition to waves at sea, radio waves have an equally important influence on the use and operation of radar on ships. Finally, safe navigation is based on the best balance of the ship at sea which is achieved by accurate and accurate travel calculation but above all of stability.

The purpose of the thesis is for the reader to understand the construction of the ship and the main principles affecting navigation through it physics.

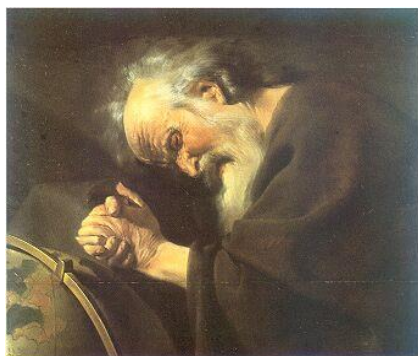
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΡΙΣΜΟΙ

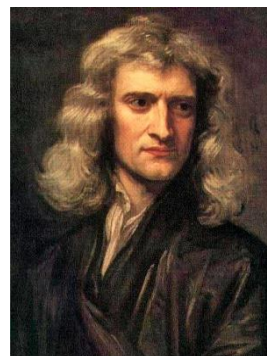
1.1. Η έννοια της φυσικής

Η Φυσική είναι η επιστήμη που ασχολείται με τη μελέτη της ύλης, της κίνησής της μέσα στον χώρο και στον χρόνο, μαζί με τις σχετικές ποσότητες, όπως η ενέργεια και η δύναμη. Σύμφωνα με έναν ευρύτερο ορισμό, η Φυσική είναι η γενική ανάλυση της φύσης, που συνδέεται με τη προσπάθεια για κατανόηση της συμπεριφοράς του σύμπαντος. Συνεισφέρει σημαντικά στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που προκύπτουν από θεωρητικές καινοτομίες.

Η Κλασική μηχανική είναι ένα μοντέλο της φυσικής των δυνάμεων που ασκούνται σε κάποια σώματα και μας βοηθά στην εξήγηση των φαινομένων που επηρεάζουν την ναυσιπλοΐα. Συχνά αναφέρεται και ως "Νευτώνεια μηχανική" από τον Νεύτωνα και τους νόμους της κίνησης. Η κλασική μηχανική χωρίζεται στην στατική, όπου τα αντικείμενα είναι σε ηρεμία, στην κινηματική, όπου τα αντικείμενα είναι σε κίνηση, και στη δυναμική, η οποία περιγράφει αντικείμενα που υπόκεινται σε δυνάμεις. Η θεωρία ξεπερνιέται από τη σχετικιστική μηχανική για συστήματα που κινούνται με μεγάλες ταχύτητες, κοντά σε αυτή του φωτός, από την κβαντική μηχανική για συστήματα σε κλίμακα πολύ μικρών αποστάσεων, και από την σχετικιστική κβαντική μηχανική για συστήματα που ισχύουν και οι δύο παραπάνω ιδιότητες.



ΕΙΚΟΝΑ 1. Ηράκλειτος



ΕΙΚΟΝΑ 2. Ισαάκ Νεύτων (Sir Isaac Newton, 1643–1727)

Παρ' όλα αυτά, η κλασική μηχανική παραμένει πολύ χρήσιμη, καθώς εφαρμόζεται πολύ πιο εύκολα και απλά από αυτές τις άλλες θεωρίες, και έχει ένα αρκετά μεγάλο εύρος ισχύος. Η κλασική μηχανική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την

κίνηση μακροσκοπικών αντικειμένων, στην κλίμακα του ανθρώπου (όπως είναι και τα πλοία), πολλά αστρονομικά αντικείμενα (που βοηθούν στην ναυσιπλοΐα), και μερικά μικροσκοπικά αντικείμενα (όπως για παράδειγμα τα μόρια του νερού της θάλασσας).

1.2. Το πλοίο

Το **Πλοίο** (αρχαία ελληνική: η **ναυς**, της νεώς, πληθ.: αι νηες) είναι μια ειδική κατασκευή (ναυπήγημα), σχεδιασμένη για να κινείται με ασφάλεια στο νερό.

1.2.1. Το πλοίο σύμφωνα με τους κανονισμούς του Ναυτικού Δικαίου

Τα πλοία διέπονται από τη νομοθεσία αφενός του Ναυτικού Δικαίου, το οποίο και διακρίνεται στο Δημόσιο Ναυτικό Δίκαιο και στο Ιδιωτικό Ναυτικό Δίκαιο, που απαρτίζουν και τα δύο σχετικούς Κώδικες (σύνολα ομοειδούς νομοθεσίας), τον Κώδικα Δημοσίου Ναυτικού Δικαίου Κ.Δ.Ν.Δ. και τον Κώδικα Ιδιωτικού Ναυτικού Δικαίου Κ.Ι.Ν.Δ. και αφετέρου από το Διεθνές Ναυτικό Δίκαιο.

Σύμφωνα με τις παραπάνω υφιστάμενες νομοθεσίες:

α). Κατά τον Κ.Ι.Ν.Δ. άρ.1 παρ.1

Πλοίο είναι κάθε σκάφος καθαρής χωρητικότητας τουλάχιστον 10 κόρων, προορισμένο να κινείται αυτοδύναμα στη Θάλασσα".

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό απαραίτητες προϋποθέσεις είναι

1ον να είναι **σκάφος**,

2ον να έχει καθαρή χωρητικότητα από **10 κόρους** και άνω, και

3ον να έχει **αυτοδύναμη** κίνηση.

β). Κατά τον Κ.Δ.Ν.Δ. άρ.3 παρ.1

Πλοίο είναι κάθε σκάφος προορισμένο να μετακινείται στο νερό για μεταφορά προσώπων, πραγμάτων, ρυμούλκηση, επιθαλάσσια αρωγή, αλιεία, αναψυχή, επιστημονικές έρευνες ή άλλο σκοπό.

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό μοναδική βασική προϋπόθεση είναι:

να είναι **σκάφος** προορισμένο να μετακινείται στο νερό, ανεξάρτητα χωρητικότητας ή αυτοδύναμης κίνησης.

Και όμως οι παραπάνω διατάξεις δεν συγκρούονται αλλά ανάλογα με ποίου Κώδικα τις διατάξεις παρακολουθείται κάποια εφαρμογή με τον ίδιο θα ισχύει και ο ορισμός του πλοίου.

1.2.2. Τα κύρια χαρακτηριστικά που διέπουν ένα πλοίο

Τα κύρια χαρακτηριστικά που διέπουν ένα πλοίο είναι:

- Η ικανότητά του να **πλέει** ασφαλώς όταν βρίσκεται σε κατάσταση που πληροί τις προδιαγραφές.
- Η ικανότητα ασφαλούς **μεταφοράς** φορτίου και επιβατών παράλληλα με την ικανότητά του να πλέει.
- Η ικανότητα ασφαλούς **κίνησης** επάνω στο νερό παράλληλα με την ικανοποίηση των παραπάνω προδιαγραφών.

Στην έννοια "τεχνική θεώρηση" του πλοίου περιλαμβάνεται το σύνολο των ερευνών βελτίωσης όλων εκείνων των συναφών προς αυτό είτε τεχνικών μερών, είτε εξοπλισμού, είτε ακόμη και συμπεριφοράς του (συμμόρφωση) με άλλους κανονισμούς ή εξελίξεις. Έτσι αυτή διακρίνεται στη Ναυπηγική, (κατασκευή, αντοχή, ευστάθεια και ταχύτητα του πλοίου).

1). Στη Ναυπηγική Τεχνική έχουν γίνει πολλές διαφοροποιήσεις και ήδη χρησιμοποιείται η ηλεκτροσυγκόλληση αντί τις παλαιότερες καρφώσεις ενώ για λόγους οικονομίας εφαρμόζεται η τυποποίηση του πλοίου, συνολικά και κατά τμήματα με τελική συναρμολόγηση.

2). Επιστήμονες και τεχνικοί με τη χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διερευνητικών προγραμμάτων (computers) εργάζονται για τη σχεδίαση και κατασκευή πλοίων με μεγαλύτερη αντοχή, ευστάθεια, φορτοεκφορτωτικά μέσα, συνθήκες μεταφοράς φορτίου με στόχο την ελαχιστοποίηση του ημερήσιου κόστους του πλοίου.

3). Ως προς τη ταχύτητα στα φορτηγά κυμαίνεται μεταξύ 14-18 και maximum 20 κόμβων στα επιβατηγά (liners) 25-30 (στα κοινά επιβατηγά 14-20) και στα ταχύπλοα επιβατηγά 60-70 κόμβοι.

1.2.3.Κριτήρια που κατατάσσονται οι κατηγορίες πλοίων

A. Με κριτήριο το γενικότερο **προορισμό** διακρίνονται σε Κρατικά και σε Εμπορικά.

B. Με κριτήριο τον **τομέα δραστηριότητας** τα Εμπορικά διακρίνονται σε

α) Πλοία μεταφοράς προσώπων ή εμπορευμάτων ,

β) Αλιευτικά,

γ) Πλοία εξωοικονομικών σκοπών (ερευνητικά, επιστημονικά, εκπαιδευτικά),

δ) Πλοία ειδικών υπηρεσιών,

ε) Πλοία βοηθητικής ναυτιλίας και

στ) Πλοία Αναψυχής.

Γ. Με κριτήριο το **τύπο των υδάτων** που κινούνται τα Πλοία διακρίνονται σε Πλοία θαλάσσης (sea vessels), Ποταμόπλοια (river ships ή vessels) και σε Λιμνόπλοια (lakers ή lake ships).

Δ. Με κριτήριο το αντικείμενο μεταφοράς, τα πλοία διακρίνονται σε πλοία μεταφοράς προσώπων καλούμενα **Επιβατηγά** (passenger ships) και μεταφοράς φορτίων καλούμενα **Φορτηγά** (cargo ships).

Ε. Με κριτήριο τη γενικότερη **μορφή κατασκευής**. Σ' αυτή τη κατηγορία ακολουθούνται οι αγγλικοί όροι ναυπήγησης διεθνώς. Έτσι τα πλοία διακρίνονται σε

α) Full scantling vessels (ισχυρής κατασκευής και υλικών με κύριο κατάστρωμα το ανώτατο),

β) Complete superstructure vessels (με συνεχόμενη υπερκατασκευή ίση με το μήκος του πλοίου),

γ) Shelterdeck ships (πλοία με προστατευτικό κατάστρωμα) επιμέρους διακρινόμενα σε closed shelterdeck και open shelterdeck,

δ) Longbridge ship (με κακρυά γέφυρα - μεσόστεγο) και

ε) Three-island ships (με υπερκατασκευές στη πλώρη μεσόστεγο και πρύμη. Ονομάστηκε έτσι επειδή στον ορίζοντα φαίνεται σαν τρεις νησίδες).

Στ. Με κριτήριο το **υλικό κατασκευής** διακρίνονται σε Ξύλινα, Μεταλλικά (εκ σιδήρου, ή σφυρήλατου χάλυβα ή υψηλής τάσης εφελκισμού χάλυβα), Πλαστικά και εξ Αλουμινίου.

Ζ. Με κριτήριο τα **μέσα πρόωσης** (κίνησης) διακρίνονται σήμερα σε Ιστιοφόρα και Μηχανοκίνητα υποδιαιρούμενα αυτά σε Ατμόπλοια (άλλοτε τροχήλατα και ελικοφόρα) Νηξελόπλοια, Ηλεκτροκίνητα (στροβίλο-ηλεκροκίνητα και νηξελο-ηλεκροκίνητα) και Πυρηνοκίνητα.

Η. Με κριτήριο το **τύπο του πλού** που εκτελούν διακρίνονται σε Ακτοπλοϊκά, Κλειστών θαλασσών ή Εσωτερικού και Ποντοπόρα.

Θ. Με κριτήριο την **ηλικία του πλοίου** διακρίνονται σε Νεότευκτα, Μικρής ηλικίας και Παρήλικα ή Υπερήλικα. (Το όριο του υπερήλικου ποικίλει από χώρα σε χώρα από 15-40 ετών.)

Ι. Με κριτήριο τον **αριθμό των ελίκων** που φέρει το πλοίο, διακρίνονται σε μονέλικα, διπλέλικα, τριπλέλικα και μέχρι τετραπλέλικα.



ΕΙΚΟΝΑ 3. ΦΟΡΤΗΓΟ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΠΛΟΙΟ

1.3. Η ναυσιπλοΐα

Ο όρος **ναυσιπλοΐα** (αγγλ. *Navigation*) (ναυς+πλους) χρησιμοποιείται στον ναυτικό και ναυτιλιακό χώρο συνήθως με τρεις έννοιες:

- Ως *Επιστήμη - Τεχνική*: Υπό την έννοια αυτή η ναυσιπλοΐα είναι η επιστήμη και εκείνη η τεχνική με τις οποίες επιτυγχάνεται η ασφαλής διακυβέρνηση του πλοίου. Περιλαμβάνει ένα σύνολο κανόνων και επαγγελματικών γνώσεων απαραίτητων για το σκοπό αυτής. Αυτή η έννοια συμπίπτει με την πρώτη αντίστοιχη του όρου ναυτιλία που είναι όμως και επικρατέστερος.
- Ως *Πραγματοποίηση πλόων*: Υπό την έννοια αυτή η ναυσιπλοΐα είναι ταυτόσημη με την θαλασσοπλοΐα ή θαλασσοπορεία.
- Ως *Κατηγορία πλόων*: Τέλος υπό την έννοια αυτή η ναυσιπλοΐα αφορά κάποια κατηγορία πλόων που συνδέονται με κοινά γνωρίσματα κυρίως του θαλάσσιου χώρου που πραγματοποιείται, π.χ. παράκτιος ναυσιπλοΐα (*coasting*) αντί του όρου ακτοπλοΐα, ή ναυσιπλοΐα εσωτερικών υδάτων (*inland navigation*). Στη τελευταία αυτή περίπτωση ο όρος λαμβάνει επίσημο χαρακτήρα ιδιαίτερα όταν εκδίδονται ειδικοί Κανονισμοί ναυσιπλοΐας (*Regulations of Navigation*) που αποτελούν κοινές υποχρεωτικές ρυθμίσεις, όπως για παράδειγμα η κυκλοφορία στα στενά της Μάγχης, στα Στενά του Ορμούζ, του Βοσπόρου αλλά και προ του λιμένα Πειραιώς.

1.3.1. Ασφάλεια πλόων

Είναι γεγονός πως η ασφάλεια της ναυσιπλοΐας απαιτεί την «Τήρηση Φυλακής» στα πλοία, για την οποία είναι αναγκαία η καλή γνώση των Διεθνών Κανονισμών Αποφυγής Συγκρούσεων (ΔΚΑΣ) στη θάλασσα.

Γενικοί Κανόνες

1. Ο κανονισμός του ΔΚΑΣ πρέπει να εφαρμόζεται από όλα τα σκάφη, που βρίσκονται στην ανοιχτή θάλασσα και σε νερά που συνδέονται με αυτή.

2. Σε περιοχές ανοικτών αγκυροβολίων, λιμένων, ποταμών και λιμνών οι αρμόδιες αρχές μπορούν να ορίσουν ειδικούς κανόνες.

3. Κάθε κράτος μπορεί να ορίσει ειδικούς κανόνες σχετικά με επιπρόσθετα φώτα θέσεως ή σήματα, σχήματα ή σήματα συριγμών για πολεμικά πλοία και σκάφη που πλέουν σε νηοπομπή, ή ακόμη για επιπρόσθετα φώτα θέσεως ή σήματα για σκάφη που ψαρεύουν σε στολίσκους.

4. Υπάρχει η δυνατότητα μία κυβέρνηση να καθορίσει ότι ένα σκάφος ειδικής κατασκευής ή σκοπού, δεν θα συμμορφώνεται απόλυτα με τις απαιτήσεις του κανονισμού, όσον αφορά τον αριθμό, τη θέση, την εμβέλεια των φώτων ή σχημάτων, καθώς και της διάταξης και των χαρακτηριστικών των συσκευών παραγωγής ηχητικών σημάτων.

Η ασφαλής ναυσιπλοΐα, δεν σχετίζεται μόνο με την προστασία της ανθρώπινης ζωής, της σωματικής ακεραιότητας και της υγείας των ναυτικών μας. Αλλά και με την προστασία του περιβάλλοντος.

1.3.2. Η Πρόοδος της Ναυσιπλοΐας

Ο καιρός πέρασε και η τέχνη της ναυσιπλοΐας τελικά χάραξε καινούρια πορεία. Μηχανικά όργανα άρχισαν να μειώνουν την εξάρτηση από το γυμνό μάτι και τις εικασίες. Ο *αστρολάβος* και αργότερα ο ακόμη πιο ακριβής *εξάντας* συσκευές που προσδιορίζουν το ύψος του ήλιου ή κάποιου άστρου πάνω από τον ορίζοντα έδιναν τη δυνατότητα στους ναυτικούς να βρίσκουν το γεωγραφικό τους πλάτος βόρεια ή νότια του ισημερινού. Το *ναυτικό χρονόμετρο* ένα αξιόπιστο ρολόι πλεύσης τους βοηθούσε να προσδιορίζουν το γεωγραφικό μήκος, πού βρίσκονταν αναφορικά με την ανατολή ή τη δύση. Αυτά τα όργανα ήταν πολύ πιο ακριβή από το στίγμα αναμέτρησης.

Σήμερα, οι *γυροσκοπικές πυξίδες* δείχνουν το βορρά χωρίς μαγνητική βελόνα. Το *Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης* μπορεί να υποδείξει την ακριβή θέση κάποιου με το πάτημα λίγων κουμπιών. Οι *ηλεκτρονικές ενδείξεις* συνήθως αντικαθιστούν τους χάρτες. Ναι, η ναυσιπλοΐα συγκαταλέγεται πλέον στις θετικές επιστήμες. Αλλά όλη αυτή η πρόοδος απλώς αυξάνει το σεβασμό μας για το θάρρος και την επιδεξιότητα των παλιών θαλασσοπόρων οι οποίοι οδηγούσαν τα σκάφη τους

σε απέραντες και ανοιχτές θάλασσες με μόνο τους εφόδιο τη γνώση για το νερό, τον ουρανό και τον άνεμο.

Όργανα αστρονομικής ναυσιπλοΐας



Γωνιόμετρο



Αστρολάβος



Εξάντας

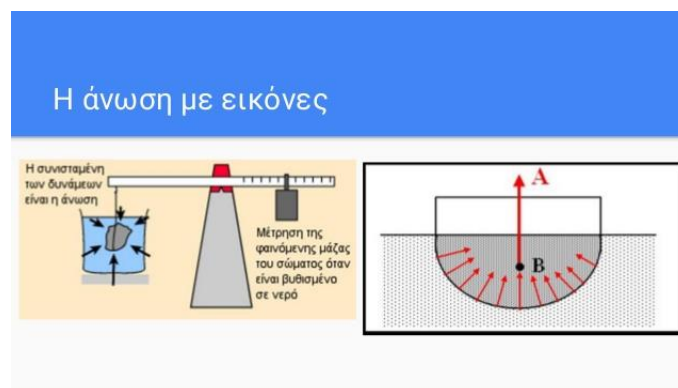
ΕΙΚΟΝΑ 4.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΩΣΗ

2.1. Άνωση

Άνωση ονομάζεται η συνισταμένη δύναμη που δέχεται ένα σώμα από το ρευστό μέσα στο οποίο βρίσκεται. Η άνωση έχει κοινή διεύθυνση με το βάρος του σώματος, και αντίθετη φορά.



ΕΙΚΟΝΑ 5.

Η άνωση αναφέρεται σε συστήματα που βρίσκονται σε ηρεμία και δεν πρέπει να συγχέεται με την άντωση. Η μελέτη του φαινομένου της άνωσης εμπίπτει στον κλάδο της φυσικής που ονομάζεται "στατική των ρευστών".

Η άντωση εμφανίζεται σε σώματα που παρουσιάζουν ασυμμετρία όταν τα εξετάζουμε κατά άξονα παράλληλο με την διεύθυνση της κίνησης. Στην περίπτωση αυτή λόγω διαφοράς ταχυτήτων του ρευστού μεταξύ δύο πλευρών του σώματος δημιουργείται δύναμη που ωθεί το σώμα προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Για να συμβεί κάτι τέτοιο το σώμα δεν θα πρέπει να είναι συμμετρικό ή αν είναι συμμετρικό θα πρέπει να περιστρέφεται και να περιρέεται ταυτόχρονα από το ρευστό.



ΕΙΚΟΝΑ 6.

Μαθηματικά η δυναμική άνοση εκφράζεται ως:

$$L = \frac{1}{2} CL \cdot \rho \cdot A \cdot U^2 \text{ όπου:}$$

CL : συντελεστής άνοσης (Lift coefficient)

ρ : πυκνότητα ρευστού

A: επιφάνεια σώματος κάθετη στη ροή

U: ταχύτητα σώματος ως προς το ρευστό

2.1.1. Αρχή του Αρχιμήδη

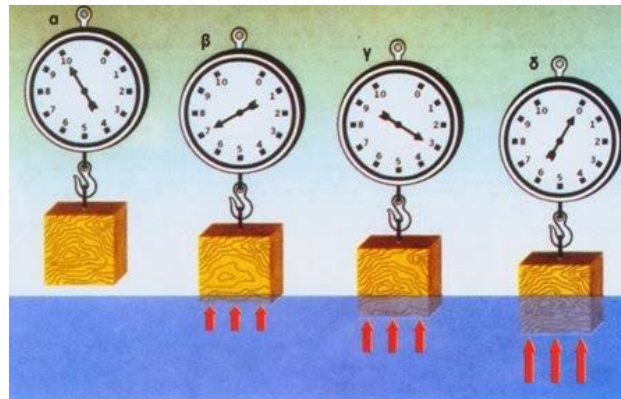
Η άνοση εκδηλώνεται σε κάθε σώμα που βρίσκεται εντός ρευστού, παρουσία βαρυτικού πεδίου και γίνεται αντιληπτή ως δύναμη που δρα αντίθετα στο βάρος.

Το μέγεθος της άνοσης προκύπτει από την Αρχή του Αρχιμήδη κατά την οποία: «Κάθε σώμα βυθισμένο σε ρευστό δέχεται δύναμη ίση και αντίθετη με το βάρος του ρευστού που εκτοπίζει». Η αντίστοιχη μαθηματική έκφραση είναι $A = \rho g V$ όπου:

ρ : πυκνότητα ρευστού

g : η επιτάχυνση βαρύτητας

V: όγκος βυθισμένου σώματος



ΕΙΚΟΝΑ 7.

2.1.2. Παραδείγματα στατικής άνωσης

- Ένα κομμάτι ξύλου επιπλέει στο νερό διότι η άνωση που δέχεται είναι μεγαλύτερη από το βάρος του, λόγω του ότι η πυκνότητα του είναι μικρότερη από αυτήν του νερού.
- Αντιθέτως ένα κομμάτι χάλυβα δεν επιπλέει καθώς το βάρος του είναι μεγαλύτερο από την άνωση κάτι το οποίο οφείλεται στον γεγονός ότι η πυκνότητα του είναι μεγαλύτερη από αυτή του ύδατος.
- Ένας άνθρωπος επιπλέει στο νερό μόνον εφόσον βυθίσει και μέρος της κεφαλής του καθώς διαφορετικά δεν εκτοπίζει όγκο νερού, το βάρος του οποίου να είναι ίσο με το δικό του.
- Ένα πλοίο επιπλέει, παρότι η πυκνότητα του υλικού κατασκευής του (χάλυβας) είναι μεγαλύτερη του νερού, εφόσον εκτοπίζει όγκο νερού που έχει βάρος ίσο ή μεγαλύτερο με το δικό του. Το υποβρύχιο έχει τη δυνατότητα να μεταβάλει το εκτόπισμά του με πλήρωση ύδατος ειδικών δεξαμενών που φέρει.

2.1.3. Περιπτώσεις βύθισης

Σύμφωνα με τα παραπάνω όταν ένα σώμα βρεθεί μέσα σ' ένα υγρό θα παρατηρηθούν δύο κύριες δυνάμεις (συνισταμένες) κάθε φορά. Το βάρος του σώματος και η ασκούμενη σ' αυτό άνωση. Ανάλογα των τιμών που λαμβάνουν αυτές οι συνισταμένες κάθε φορά διακρίνονται περαιτέρω τρεις περιπτώσεις:

- Το βάρος του σώματος να είναι μεγαλύτερο της άνωσης. Στη περίπτωση αυτή το σώμα βυθίζεται.
- Το βάρος του σώματος να είναι ίσο προς την άνωση. Στη περίπτωση αυτή το σώμα αιωρείται μέσα στο υγρό, δηλαδή ακινητεί όπου κι αν βρεθεί μέσα στο υγρό, και
- Το βάρος του σώματος να είναι μικρότερο της ασκούμενης σ' αυτό άνωσης. Στη περίπτωση αυτή το σώμα δεν βυθίζεται, οπότε και επιπλέει.

Είναι προφανές ότι και οι τρεις περιπτώσεις εξαρτώνται από το ειδικό βάρος του σώματος (στερεού ή υγρού) το οποίο μπορεί να είναι αντίστοιχα μεγαλύτερο, ίσο ή μικρότερο από το ειδικό βάρος του υγρού. Για παράδειγμα το ξύλο, ο φελλός, το λάδι επιπλέουν στο νερό, ενώ αντίθετα ο σίδηρος, το αλουμίνιο, ο υδράργυρος βυθίζονται.

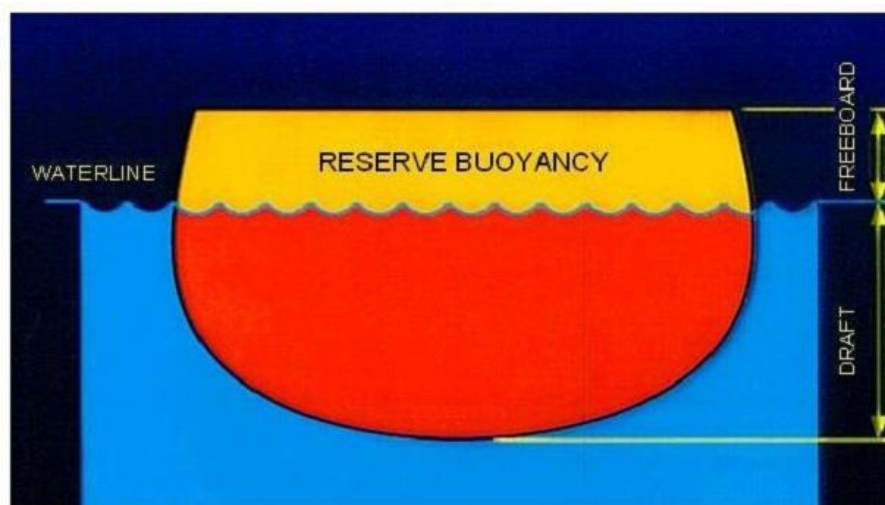
2.2. Η Άνωση του πλοίου

Πιο συγκεκριμένα:

Γενικά η άνωση των πλοίων, που λέγεται και πλευστότητα, αποτελεί αφενός μεν ιδιαίτερης σημασίας κεφάλαιο που εξετάζεται από τη ναυπηγική, αφετέρου στο σύνολό του, απόλυτα απαραίτητες γνώσεις (ασφάλειας) για τους αξιωματικούς των πλοίων, τόσο για τους ίδιους όσο και για τα σκάφη στα οποία επιβαίνουν και δραστηριοποιούνται.

2.2.1. Όγκος άνωσης

Χαρακτηρίζεται ολόκληρο το υδατοστεγές τμήμα ενός σκάφους. Και σ' αυτό μπορεί να ανήκουν τα τμήματα (όγκοι) του πλοίου που βρίσκονται στα ύφαλα, στα έξαλα και οποιοδήποτε άλλο τμήμα είναι υδατοστεγές (μηχανοστάσιο, λεβητοστάσιο, αντλιοστάσιο κ.λπ.). Η υδροστατική δύναμη που δέχεται όλος αυτός ο όγκος ονομάζεται ολική άνωση (buoyancy over all).



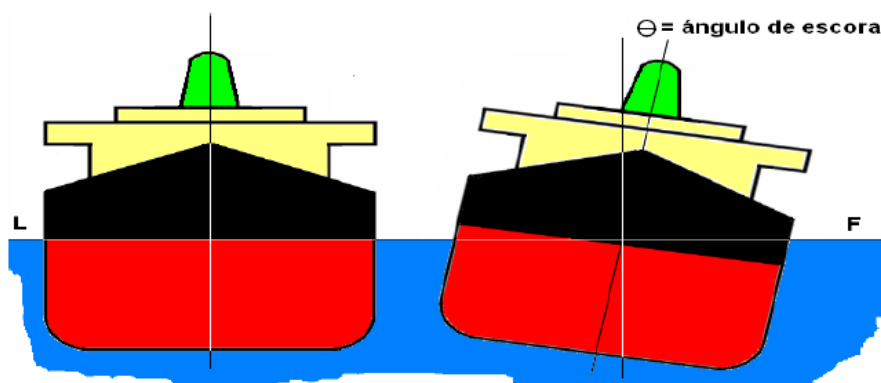
ΕΙΚΟΝΑ 8.

2.2.2. Άνωση πλοίου

Χαρακτηρίζεται το όλο τμήμα του "όγκου άντωσης" που βρίσκεται ανά στιγμή υπό την ίσαλο, δηλαδή κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, συνεπώς ο όγκος των υφάλων (κοινώς των βρεχάμενων) του πλοίου. Η υδροστατική δύναμη που ασκείται σ' αυτόν τον όγκο του πλοίου ονομάζεται σχετική άνωση (relative buoyancy).

2.2.3. Εφεδρική άνωση ενός πλοίου

Χαρακτηρίζεται το υπόλοιπο τμήμα του "όγκου άντωσης" που βρίσκεται κάθε φορά πάνω από την ίσαλο, δηλαδή ο όγκος των εξάλων. Ως υδροστατική δύναμη χαρακτηρίζεται η διαφορά της "ολικής" - "σχετικής". Συνεπώς τα έξαλα ενός πλοίου παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην ασφάλεια του πλοίου. Επειδή δε, στα περισσότερα πλοία τα εξωτερικά πλευρικά τους τοιχώματα είναι κάθετα προς την ίσαλο, προς την επιφάνεια της θάλασσας, τα έξαλα (το ύψος τους) μπορούν να δώσουν μια προσεγγίζουσα έννοια καθώς και ένα προσεγγιστικό μέτρο της "εφεδρικής άνωσης"



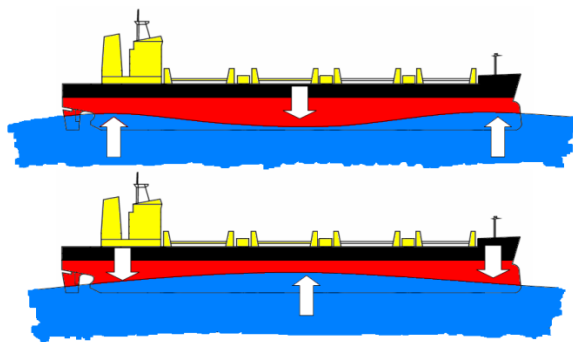
EIKONA 9.

Ένα πλοίο 10.000 τόνων πρέπει να είναι τόσο φαρδύ ώστε να εκτοπίζει 10.000 τόνους νερού, δηλ όσο πιο βαρύ είναι ένα πλοίο τόσο τόσο πιο φαρδύ κ ογκώδες πρέπει να είναι έτσι ώστε να εκτοπίζει μεγαλύτερη ποσότητα νερού και να αυξάνει με αυτό τον τρόπο η Άνωση που το σπρώχνει προς την επιφάνεια.

2.3. Παραμόρφωση πλοίου

Τα σύγχρονα πλοία λόγω της μεταλλικής τους κατασκευής και της εξ αυτής ελαστικότητας που παρουσιάζουν, πολλές φορές υφίστανται παραμορφώσεις οι οποίες μπορεί να οφείλονται είτε σε φυσικές αιτίες όπως π.χ. σε μεγάλο κυματισμό, ή σε λανθασμένους χειρισμούς πλεύσης, είτε τέλος σε κακή στοιβασία φορτίου, οι οποίες όμως επαναλαμβανόμενες μπορεί γρήγορα να καταστούν αυτές μόνιμες.

Τέτοιες παραμορφώσεις είναι: η κύρτωση, η κοίλωση, και η στρέψη πλώρης. Πολλοί συμπεριλαμβάνουν και την μόνιμη κλίση, καθώς και τη μόνιμη διαγωγή επί εξαιρετικών περιπτώσεων τύπων πλοίων.

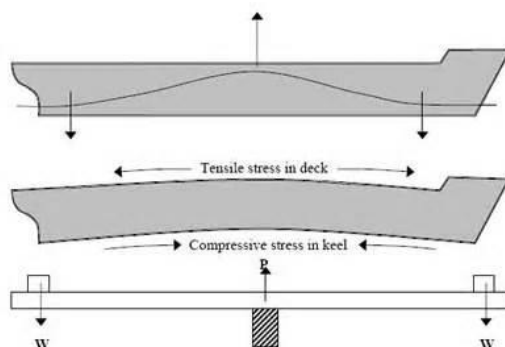


ΕΙΚΟΝΑ 10.

2.3.1.Κύρτωση πλοίου

Κύρτωση πλοίου, το λεγόμενο "χόγκινγκ", εκ του αγγλικού όρου "hogging", χαρακτηρίζεται εκείνη η παραμόρφωση κατά την οποία τα ακραία βυθίσματα (πλώρης και πρύμνης) είναι μεν μεταξύ του ίσα, αλλά μεγαλύτερα του βυθίσματος στο μέσον του πλοίου. Αυτό έχει ως συνέπεια να φαίνεται το πλοίο *κυρτωμένο* περί τη μέση. Η παραμόρφωση αυτή μπορεί να οφείλεται είτε σε επαναλαμβανόμενη πλεύση, υπό υψηλό κυματισμό μικρού μήκους κύματος, που σημαίνει ότι κάποιες στιγμές το πλοίο βρίσκεται επί της κορυφής κύματος με συνέπεια ολόκληρο το βάρος πλοίου και η συνολική άντωση πλοίου ν' ασκούνται στο μέσον αυτού, κατά το εγκάρσιο και όχι κατά το διάμηκες κάθετο επίπεδο, που τούτο προδίδει τους λανθασμένους χειρισμούς πλεύσης ως προς την κατεύθυνση, όπως επίσης και σε επαναλαμβανόμενη κακή στοιβασία φορτίου, δηλαδή με περισσότερο

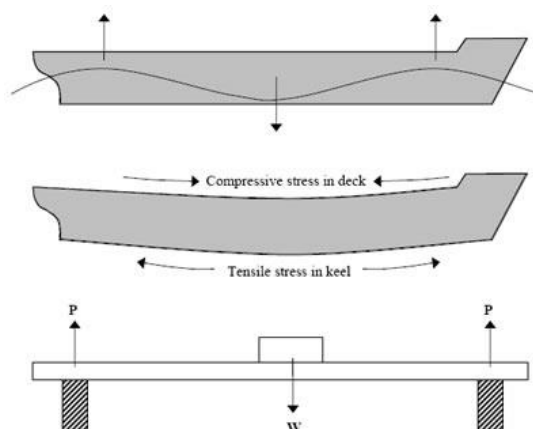
μεταφερόμενα βάρη στα ακραία κύτη (αμπάρια) παρά στα κεντρικά, που καταλήγει να είναι και η κύρια αιτία.



ΕΙΚΟΝΑ 11.

2.3.2. Καμπύλωση πλοίου

Κοίλωση πλοίου, το λεγόμενο "σάγκινγκ", εκ του αγγλικού όρου "sagging", χαρακτηρίζεται η ακριβώς αντίθετη παραμόρφωση της κύρτωσης, όπου τα ακραία βυθίσματα παρατηρούνται ίσα μεταξύ τους αλλά μικρότερα του βυθίσματος στο μέσον του πλοίου. Αυτό έχει ως συνέπεια το πλοίο να φαίνεται να κοιλώνει περί το μέσον αυτού. Και σ' αυτή τη περίπτωση οι αιτίες είναι οι ίδιες που αναφέρονται παραπάνω στη περίπτωση της κύρτωσης. Επειδή όμως η επαναλαμβανόμενη κύρτωση λόγω κυματισμού θα είναι ισάριθμη με τη περίπτωση το πλοίο να βρεθεί μόνο κατά τις άκρες πάνω σε δύο κορυφές κυμάτων συνεπάγεται ότι κύρια αιτία τελικά αυτών των παραμορφώσεων είναι η κακή στοιβασία φορτίου.



ΕΙΚΟΝΑ 12.

2.3.3.Στρέβλωση πλώρης

Στρέβλωση πλώρης, αυτή μπορεί να συμβεί συνήθως σε μικρά ή ελαφρά πλοία μετά από συνεχή καταπόνηση της λεγόμενης μάσκας της πλώρης, από δεξιά ή αριστερά, σε υφιστάμενο κυματισμό συνήθως με κάποια σχετική ταχύτητα του σκάφους, που θα πρέπει συνεπώς να μειωθεί.

Οι δύο παραπάνω πρώτες παραμορφώσεις απαντώνται κυρίως σε μεγάλου μήκους πλοία, που όσο κι αν παρατηρείται κάποια μικρή διαφορά των βυθισμάτων, δεν παύουν να εγκυμονούν κίνδυνο κοπής του πλοίου. Γι' αυτό και εφιστάται η ιδιαίτερη προσοχή, ακόμα και κατά τη διάρκεια της φόρτωσης, η συνεχής παρακολούθηση των βυθισμάτων των πλοίων, όπως και το αυτό κατά την εκφόρτωση, όταν αυτή καθυστερεί. Η τρίτη μπορεί επίσης να επέλθει και μετά από σύγκρουση με άλλο πλοίο είτε σε πρόσκρουση σε λιμενική εγκατάσταση.

Όταν ο Πλοίαρχος του πλοίου αντιληφθεί μόνιμη παραμόρφωση του πλοίου υποχρεούται να ενημερώσει άμεσα τον Νηογνώμονα που παρακολουθεί το πλοίο για περαιτέρω οδηγίες. Επίσης πολλές φορές κατά τον έλεγχο των λιμενικών Αρχών προ της έκδοσης άδειας απόπλου όταν διαπιστώνεται ότι το πλοίο έχει κοινώς "πατήσει τη μπάλα", δηλαδή έχει υπερβεί την ίσαλο γραμμή φόρτωσης οι Πλοίαρχοι προσφιλώς υποστηρίζουν ότι έχουν υποστεί "σάγκινγκ" που εύκολα μεν διαπιστώνεται αλλά και δεν απαλλάσσει όμως τούτο των ευθυνών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΛΟΙΟΥ

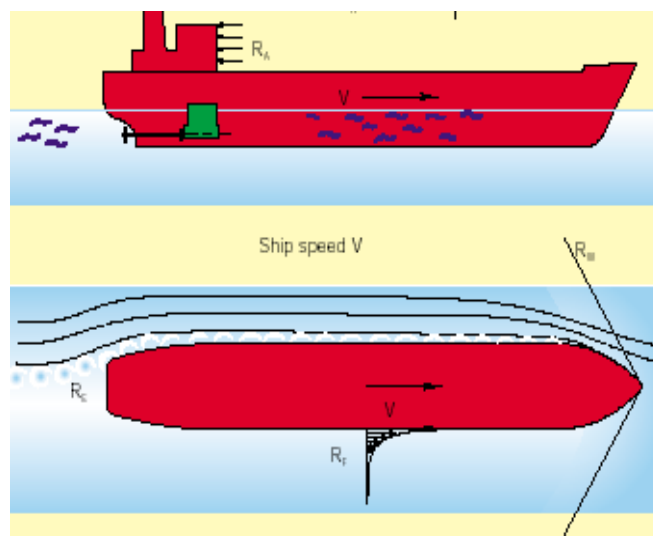
Κατά την κίνηση ενός σώματος σ' ένα υγρό δημιουργούνται δυνάμεις αντίστασης που απορρέουν από τις υδροδυναμικές πιέσεις ή τάσεις που εξασκούνται επί της βρεχόμενης επιφάνειας του σώματος.

Για να γίνει κατανοητή η έννοια της αντίστασης θεωρούμε κατ' αρχήν ότι το πλοίο κινείται ρυμουλκούμενο χωρίς δική του πρόωση σε ήρεμα νερά (ιδανικές συνθήκες) με μία σταθερή ταχύτητα V .

Η δύναμη που θα δεχθεί το σχοινί ρυμούλκησης είναι ίση με την αντίσταση R που δέχεται το πλοίο, από νερό και αέρα, κατά την κίνησή του με την παραπάνω ταχύτητα.

Η ισχύς που απαιτείται για να κινηθεί το πλοίο, ρυμουλκούμενο χωρίς δική του πρόωση, με ταχύτητα V εξαρτάται από την παραπάνω αντίσταση R .

$$PE = R \times V \quad [kN \times m / s] = kW$$



ΕΙΚΟΝΑ 13.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αντίσταση τριβής είναι οι εξής:

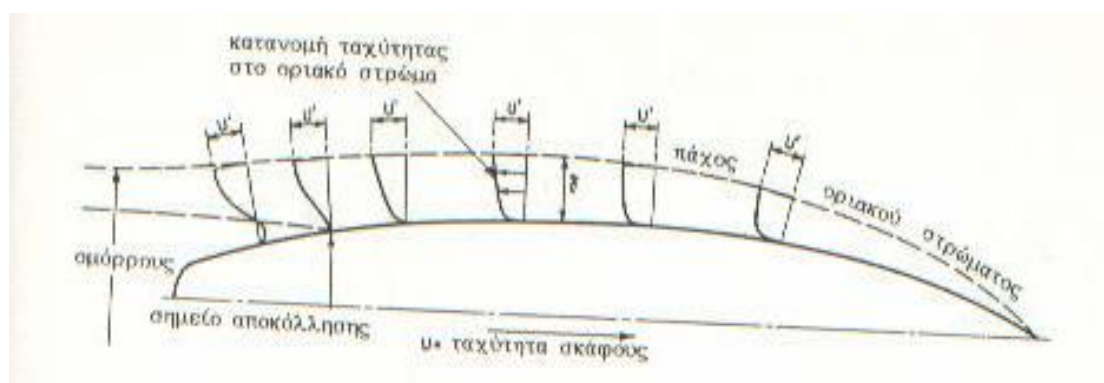
- α) Είδος της βρεχόμενης επιφάνειας (λειότητα).
- β) Έκταση της βρεχόμενης επιφάνειας.
- γ) Ταχύτητα πλοίου.
- δ) Πυκνότητα υγρού.
- ε) Ιξώδες υγρού,
- στ) Είδος ροής (νηματική, στροβιλώδης ή μικτή).
- ζ) Μήκος πλοίου ή βρεχόμενης επιφάνειας.

Η αντίσταση του πλοίου εξαρτάται βασικά από την ταχύτητα, το εκτόπισμά του και την μορφή της γάστρας.

Η ολική αντίσταση του πλοίου συντίθεται από πολλές επιμέρους αντιστάσεις οι οποίες μπορούν να καταταχθούν σε τρεις κύριες ομάδες.

Κατά την κίνηση ενός σώματος μέσα σε υγρό με συνεκτικότητα παρουσιάζεται η προσκόλληση ενός λεπτού στρώματος του υγρού στην επιφάνεια του σώματος. Το στρώμα αυτό κινείται με την ίδια ταχύτητα, όπως το σώμα, ενώ σε μια απόσταση μακριά από το σώμα το υγρό μένει ανεπηρέαστο. Έτσι προκύπτει μια σημαντική πτώση ταχύτητας του υγρού προχωρώντας από το σώμα προς τα πλάγια, ιδιαίτερα άμεσα κοντά στο σώμα (οριακό στρώμα).

Κατά τον Froude η αντίσταση τριβής ενός πλοίου με βρεχόμενη επιφάνεια S αντιστοιχεί στην αντίσταση μιας επίπεδης πλάκας ίδιου μήκους και εμβαδού.



ΕΙΚΟΝΑ 14.

3.1. Αντίσταση λόγω σχήματος R_{PV}

Οφείλεται στην αλλαγή της κατανομής της πίεσης που εξασκείται στη γάστρα του πλοίου, λόγω της ύπαρξης συνεκτικότητας, σε πραγματικά ρευστά.

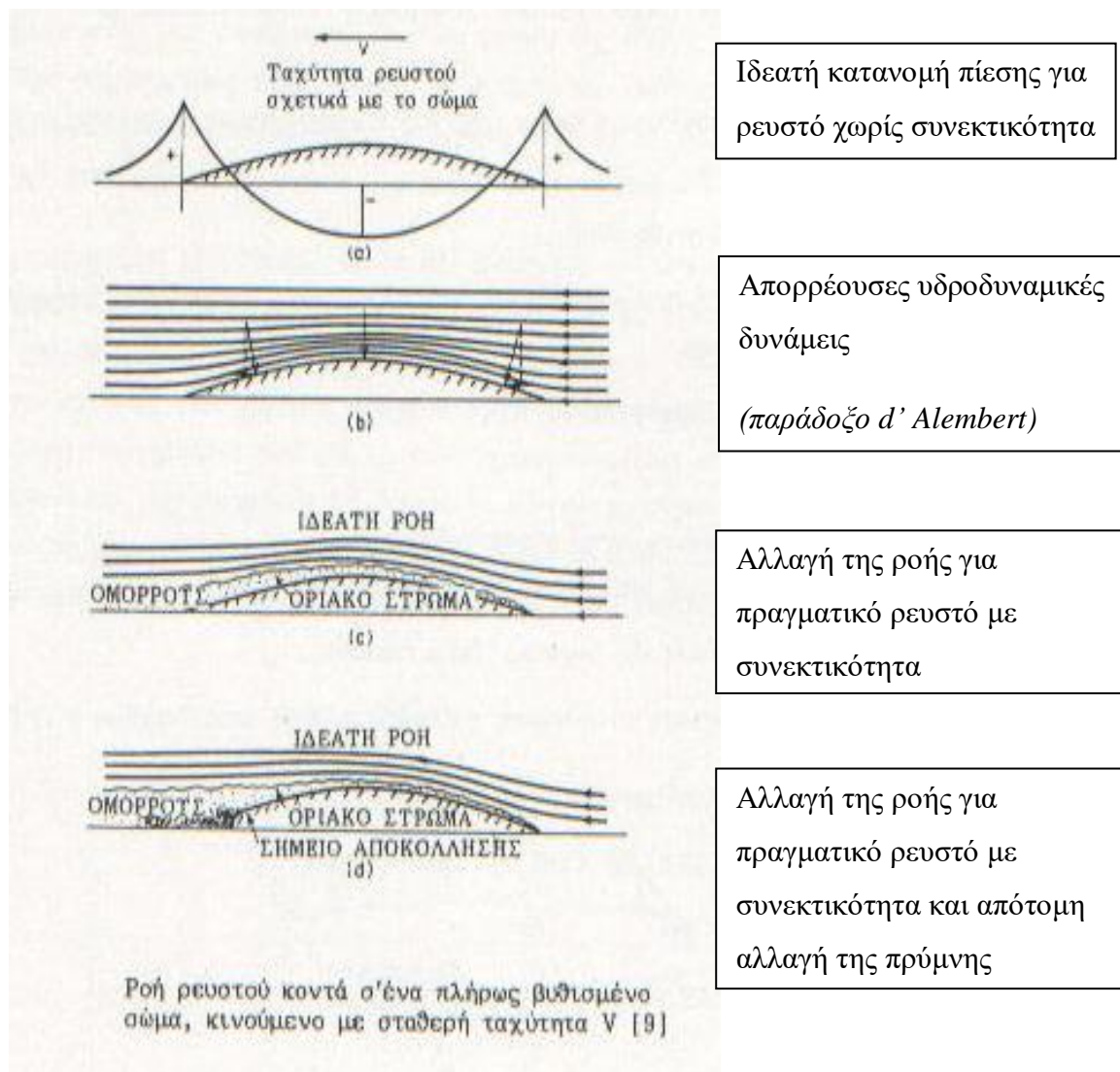
Σε πραγματικά ρευστά, όπως το νερό, λόγω κυρίως της αποκόλλησης της ροής στην πρύμνη, διαταράσσεται η ισορροπία των πιέσεων με αποτέλεσμα μία αντίσταση η οποία επαυξάνεται και λόγω της περιδίνησης (αντίσταση δινών)

$$R_{PV} = C_{PV} \cdot S \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$$

όπου C_{PV} : συντελεστής αντίστασης πίεσης λόγω συνεκτικότητας

ρ : η πυκνότητα του νερού και

V : ταχύτητα προχώρησης πλοίου



ΕΙΚΟΝΑ 15.

Σώματα πλήρως βυθισμένα σε ιδεατά ρευστά και μακριά από ελεύθερες επιφάνειες παρουσιάζουν, σε κίνηση με σταθερή ταχύτητα, μηδενική αντίσταση. (παράδοξο d' Alembert)

3.2. Αντίσταση λόγω κυματισμού R_w

Οφείλεται στη διαταραχή της επιφάνειας του υγρού που προκαλείται από την κατανομή των πιέσεων περί την γάστρα ενός σώματος (πλοίου) που κινείται με σταθερή ταχύτητα επί ή έστω κοντά κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού ακόμα και ιδεατού.

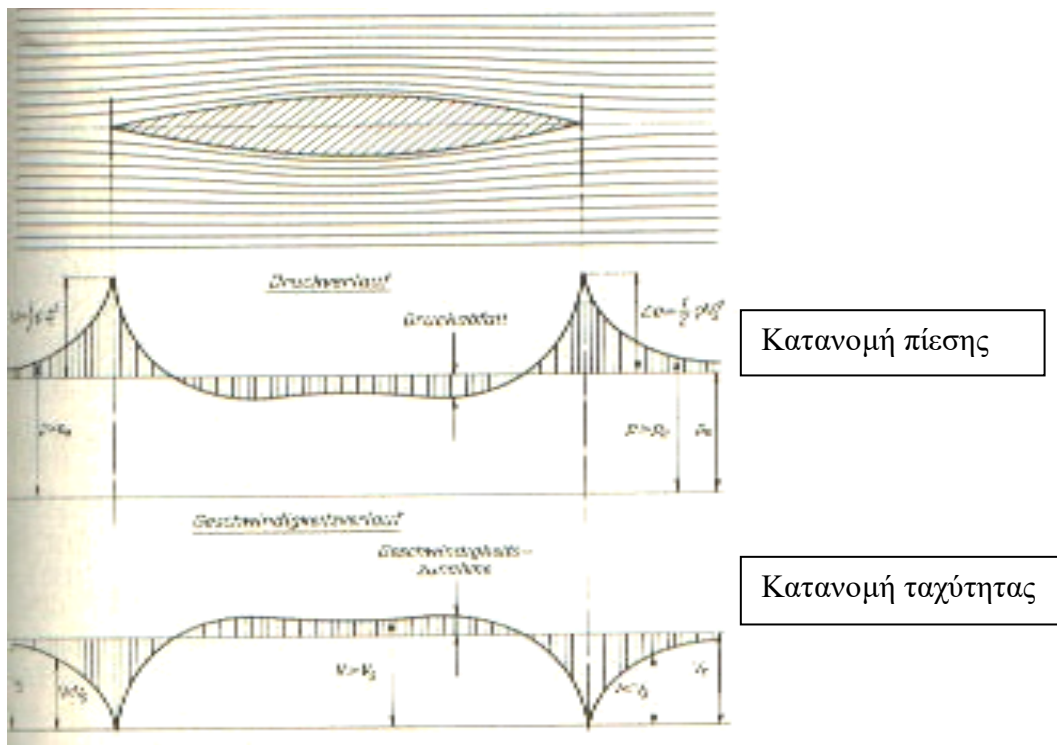
Η διαταραχή αυτή συνίσταται από διάφορα μόνιμα συστήματα κυματισμών που παρακολουθούν το πλοίο με την ίδια ταχύτητα κίνησης.

Τα συστήματα αυτά διακρίνονται

Σε **πρωτογενή** που οφείλονται στην κατανομή της πίεσης άμεσα στο πλοίο.

Σε **δευτερογενή** με βάση τη θεωρία του Kelvin για κινούμενα σημεία πίεσης στην επιφάνεια του υγρού. (εγκάρσια και διαγώνια κύματα)

Η **αντίσταση κυματισμού** είναι ανάλογη με την ενέργεια που απορροφάται από τα δημιουργούμενα κύματα και επηρεάζεται τόσο από την σχετική ταχύτητα του πλοίου (F_N), όσο και από την μορφή της γάστρας.



ΕΙΚΟΝΑ 16.

Σημαντικά πίσω από το σκάφος και τα τέσσερα δευτερογενή συστήματα αποκτούν καθαρά ημιτονοειδή μορφή με συνεχώς ελαττούμενο εύρος και μήκος που αντιστοιχεί στο μήκος ενός ελεύθερου κύματος που κινείται με την ταχύτητα του πλοίου V .

ΙΣΧΥΕΙ: $\lambda_w = 2\pi \cdot \frac{V^2}{g}$

όπου λ_w : μήκος ελεύθερου κύματος επιφάνειας

V : ταχύτητα προχώρησης πλοίου.

Το αποτέλεσμα της υπέρθεσης των δύο βασικών δευτερογενών συστημάτων (πρωαίου και πρυμναίου) καθορίζει την αντίσταση κυματισμού.

Αύξηση σε περίπτωση συντονισμού (κορυφή σε κορυφή).

Μείωση σε περίπτωση απόσβεσης (κούλο σε κορυφή).

Η αντίσταση κυματισμού αυξάνει με V^4

Το ίδιο ισχύει και για την υπόλοιπη αντίσταση που συντίθεται από την αντίσταση κυματισμού και την αντίσταση σχήματος λόγω συνεκτικότητας.

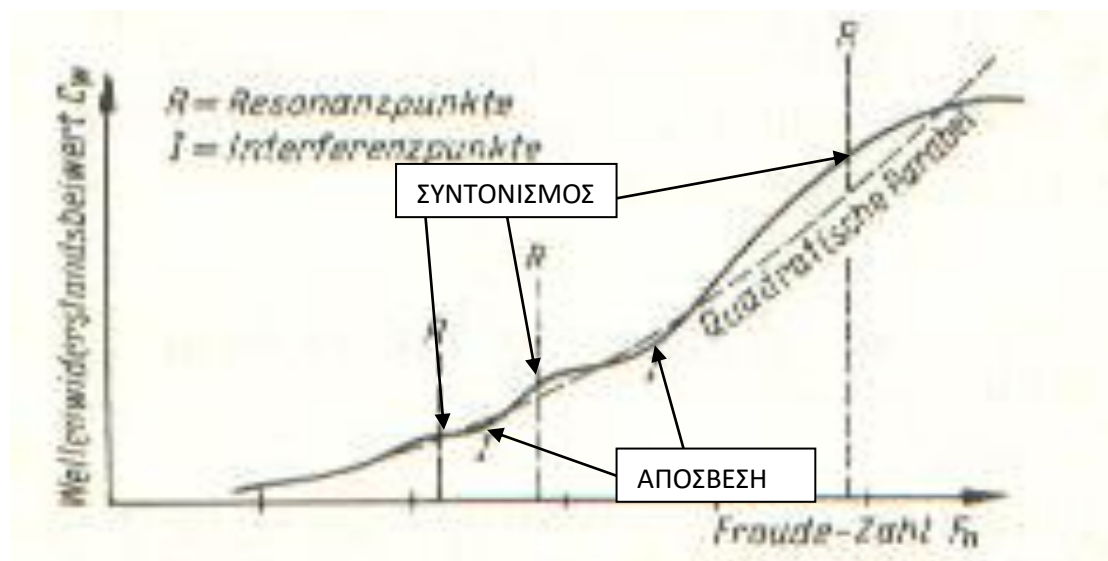
Για να εκφράσουμε με όμοιο τρόπο την υπόλοιπη αντίσταση με αυτή της τριβής έχουμε:

$R_W = C_W \cdot S \cdot \rho/2 \cdot V^2$ ΚΑΙ $R_R = C_R \cdot S \cdot \rho/2 \cdot V^2$

C_W : συντελεστής αντίστασης κυματισμού [F_n]

C_R : συντελεστής υπόλοιπης αντίστασης [F_n, R_n]

Ο C_R αυξάνει με V^2 και εξαρτάται (αυξομειώνεται) από το αποτέλεσμα της υπέρθεσης των δύο βασικών δευτερογενών συστημάτων.



ΕΙΚΟΝΑ 17.

Σχέση συντελεστή αντίστασης κυματισμού και $F_N = V / (g \cdot L)^{1/2}$

3.3. Αντίσταση λόγω τριβής με το νερό

Κατά τον Froude η αντίσταση τριβής ενός πλοίου με βρεχόμενη επιφάνεια S αντιστοιχεί στην αντίσταση μιας επίπεδης πλάκας ίδιου μήκους και εμβαδού. Ο C_f είναι ο συντελεστής αντίστασης τριβής, κοινά αποδεκτός κατά την International Towing Tank Conference (ITTC 1957) και μαζί με τον συντελεστή C_t , έχουμε την εξίσωση:

$$R_f = C_f \cdot S \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2$$

Όπου f συντελεστής εξαρτώμενος από το είδος (λειότητα) της επιφάνειας, την πυκνότητα, το ιζώδες του υγρού και το μήκος του πλοίου.

$f=0,009$ ως $0,010$,

S η βρεχόμενη επιφάνεια σε ft^2

V η ταχύτητα του πλοίου σε κόμβους.

Από τον παραπάνω τύπο φαίνεται ότι η αντίσταση τριβής είναι ανάλογη με την βρεχόμενη επιφάνεια και την ταχύτητα του πλοίου υψωμένη σε δύναμη που πλησιάζει το τετράγωνο. Η λειότητα της επιφάνειας υπεισέρχεται με το συντελεστή f . Η αντίσταση τριβής ενός πλοίου αυξάνεται λόγω ρυπάνσεως της γάστρας και της καταστροφής της λειότητας των υφάλων, που αυτή δημιουργεί.

3.4. Αντίσταση λόγω αέρα

Η αντίσταση αέρα μπορεί να υπολογισθεί με παρόμοιο τύπο όπως οι άλλες αντιστάσεις.

$$R_A = C_A \cdot A_T \cdot \rho_A / 2 \cdot V_A^2$$

V_A : Ταχύτητα αέρα ως προς το πλοίο

A_T : Επιφάνεια αέρα

C_A : Συντελεστής αντίστασης αέρα

[$0,7 - 0,8$ για φορτηγά πλοία, $0,6 - 0,7$ για επιβατηγά πλοία,]

(σε ορισμένες βιβλιογραφίες $0,9$)

Συνήθως η αντίσταση αέρα υπολογίζεται ως το 2% - 4% της R_T

(σε πλοία *Container* με αντίθετο άνεμο μπορεί να ξεπεράσει το 10%)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΚΥΜΑΤΑ

Κύμα ονομάζεται μια διαταραχή που μεταδίδεται στο χώρο και το χρόνο. Ο όρος Κύμα (από το αρχαίο ελληνικό ρήμα "κύω" = φουσκώνομαι) χαρακτηρίζει τη μεταφορά της διαταραχής συνήθως διαμέσου ενός μέσου. Η μεταφορά αυτή (μετάδοση) γίνεται, στα υλικά μέσα, ως παλμική κίνηση μεταξύ των στοιχειωδών σωματιδίων του μέσου, όμως ορισμένα είδη κυμάτων, όπως τα ηλεκτρομαγνητικά, μπορούν να διαδίδονται και στο κενό.

Η διαταραχή αφορά ένα συγκεκριμένο φυσικό μέγεθος, ανάλογα με το είδος του κύματος. Για παράδειγμα σε ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα η διαταραχή αφορά την ένταση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Στα κύματα της θάλασσας αυτό που διαταράσσεται είναι το επιφανειακό στρώμα νερού (ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΣ). Υπάρχουν πολλά ακόμη είδη κυμάτων, όλα όμως έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: μεταφέρουν ενέργεια. Για παράδειγμα ένα κύμα που κινείται στην επιφάνεια της θάλασσας αναγκάζει κάθε σώμα που επιπλέει ν' ανεβοκατεβαίνει. Τούτο συμβαίνει από την ενέργεια που μεταφέρει το κύμα και η οποία τελικά προκαλεί ταλαντώσεις στο σώμα που επιπλέει. Το ίδιο συμβαίνει και στον αέρα. Όταν ένα ηχητικό κύμα "ταξιδεύει" τα μόρια του αέρα ταλαντώνονται.

4.1. Μεγέθη Κυμάτων

Στη φυσική έχουν οριστεί τα εξής μεγέθη που αφορούν όλα τα κύματα. Ο κλάδος της που τα μελετάει ονομάζεται κυματική.

4.1.1. Περίοδος

Περίοδος ονομάζεται το χρονικό διάστημα μεταξύ της δημιουργίας δύο διαδοχικών διαταραχών, ή της διέλευσης δύο διαδοχικών χαρακτηριστικών μιας διαταραχής, για παράδειγμα το χρονικό διάστημα διέλευσης δυο κορυφών του κύματος από ένα συγκεκριμένο σημείο του χώρου. Συμβολίζεται με T και μετρίεται σε s

(δευτερόλεπτα). Εξ ορισμού προκύπτει ότι $T = \frac{\Delta t}{N}$ όπου N είναι ο αριθμός των διαταραχών που πέρασαν σε χρονικό διάστημα Δt . Για παράδειγμα, έστω ότι μετράμε την περίοδο των κυμάτων της θάλασσας. Σε χρόνο πέντε δευτερά μετρήσαμε δύο κύματα που έσκασαν στην παραλία, άρα η περίοδος των κυμάτων της θάλασσας της συγκεκριμένης παραλίας είναι $5/2=2,5$ δευτερόλεπτα.

4.1.2. Συχνότητα

Συχνότητα ονομάζεται ο αριθμός των διαταραχών που δημιουργήθηκαν ή πέρασαν από ένα συγκεκριμένο σημείο ανά μονάδα χρόνου, δηλαδή ο αριθμός των διαταραχών διά του χρονικού διαστήματος στο οποίο μετρήσαμε τον αριθμό των διαταραχών. Συμβολίζεται με f (frequency που σημαίνει συχνότητα στα Αγγλικά) και μετριέται σε *δευτερόλεπτα εις τη μείον ένα* ή s^{-1} , ή Hz . Έτσι, ισχύει $f = \frac{N}{\Delta t}$, όπου N είναι ο αριθμός των διαταραχών που πέρασαν σε χρονικό διάστημα Δt . Η συχνότητα είναι αντίστροφο μέγεθος της περιόδου και ισχύει: $f \cdot T = 1$

4.1.3. Φάση κύματος

Κατά τη μελέτη των κυμάτων αποδείχθηκε ότι αυτά μπορούν να μελετηθούν με βάση τις τριγωνομετρικές συναρτήσεις. Η Φάση είναι βασικό μέγεθος αυτών των συναρτήσεων. Συμβολίζεται με φ και μετριέται όπως και οι γωνίες σε rad (ακτίνια). Η φάση στα κύματα εξαρτάται από το σημείο και το χρόνο για το οποίο μελετάμε. Συνήθως ένα κύμα περιγράφεται (προσεγγιστικά) από την εξίσωση $a = A \sin(\varphi(x,t))$ όπου $\varphi(x,t)$ η συνάρτηση της φάσης συναρτήσει της θέσης x του σημείου που μελετάμε τη στιγμή t , a το μέγεθος που διαταράσσεται και A το πλάτος του κύματος.

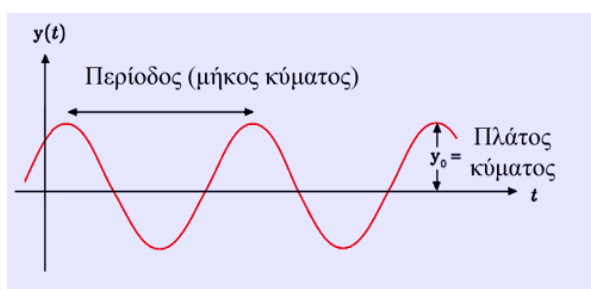
4.1.4. Πλάτος κύματος

Το μέγεθος που διαταράσσεται λαμβάνει μία μέγιστη και μία ελάχιστη τιμή. Είναι αδύνατον να διαταράσσεται περιοδικά ένα μέγεθος, δηλαδή να είναι περιοδικό φαινόμενο, χωρίς να λαμβάνει μια μέγιστη και μια ελάχιστη τιμή. Θεωρώντας ως μηδέν το μέσο της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής, έχουμε ότι η απόλυτη τιμή της ελάχιστης τιμής είναι ίση με την απόλυτη τιμή της μέγιστης. Αυτή η απόλυτη τιμή

ονομάζεται πλάτος του κύματος. Συμβολίζεται με A και μετριέται σε μονάδες μήκους, συνήθως μέτρα. Το πλάτος ενός κύματος δεν είναι πάντα σταθερό και συνήθως εξαρτάται, όπως και η φάση από τη θέση και το χρόνο στον οποίο μελετάμε ένα σημείο. Το πλάτος του κύματος σε ένα σημείο έχει άμεση σχέση με την ενέργεια του κύματος σε αυτό το σημείο.

4.1.5. Μήκος κύματος

Μήκος κύματος είναι η απόσταση που διανύει το κύμα σε χρόνο μιας περιόδου. Το κύμα είναι περιοδικό φαινόμενο, ουσιαστικά η επανάληψη μιας διαταραχής. Το μήκος αυτής της διαταραχής είναι το μήκος κύματος. Συμβολίζεται με λ και μετριέται όπως και το πλάτος του κύματος σε μονάδες μήκους, συνήθως σε μέτρα. Το μήκος κύματος είναι ίσο με την ελάχιστη δυνατή απόσταση μεταξύ δύο διαφορετικών συμφασικών σημείων.



ΕΙΚΟΝΑ 18.

4.1.6. Ταχύτητα κύματος

Το κύμα μεταδίδεται στο χώρο. Η ταχύτητα της διαταραχής ονομάζεται ταχύτητα του κύματος. Συνήθως συμβολίζεται με v , και μετριέται ανάλογα με τις μονάδες μέτρησης των μεγεθών μήκος του κύματος και περίοδος, συνήθως σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s). Από τον ορισμό του μήκους κύματος προκύπτει ότι $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$. Η εξίσωση $v = \lambda f$ ονομάζεται *θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής* και ισχύει σε όλα τα κύματα. Τα κύματα που διαδίδονται σε ένα μέσο διάδοσης έχουν ταχύτητα χαρακτηριστική του συγκεκριμένου μέσου και του συγκεκριμένου είδους κύματος. Αυτό το γεγονός είναι υπεύθυνο για διάφορα φαινόμενα στην κυματική κατά την αλλαγή μέσου διάδοσης ή κατά τη διάδοση στο ίδιο μέσο κυμάτων με ίδια όλα τα

παραπάνω χαρακτηριστικά που διαφέρουν στον τρόπο μετάδοσης. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται και μέσα στην ύλη, αλλά και στο κενό, δε χρειάζονται ειδικό μέσο διάδοσης όπως τα υπόλοιπα κύματα. Η ταχύτητά τους στο κενό θεωρείται μία από τις σημαντικότερες σταθερές στη Φυσική.

4.1.7. Μέτωπο κύματος

Όταν αρχίζει η διαταραχή στην πηγή ή τις πηγές, αυτή μεταδίδεται σε άλλες περιοχές του μέσου. Το μέτωπο ενός κύματος είναι το σύνολο των σημείων στα οποία μόλις έφτασε η διαταραχή. Σημαντική ιδιότητα ενός μετώπου είναι ότι, όταν ένα επίπεδο κύμα μεταδίδεται από ένα μέσο σε ένα άλλο, τότε το μέτωπο παραμένει σχηματικά αναλλοίωτο, δηλαδή παραμένει επίπεδο. Αυτό το φαινόμενο είναι η αιτία της διάθλασης.

4.1.8. Ακτίνα κύματος

Αυτό το μέγεθος ορίζεται κυρίως στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Μία ακτίνα ενός κύματος είναι η πορεία (κατά μήκος μιας γραμμής) που ακολουθεί τη διάδοση του κύματος και είναι πάντα κάθετη στο μέτωπο. Οι ακτίνες μπορούν να θεωρηθούν ως οι πορείες των διαταραχών, και των φωτονίων στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Η έννοια της ακτίνας χρησιμοποιείται συχνά για την κατανόηση της συμπεριφοράς των κυμάτων σε φαινόμενα αλλαγής της πορείας τους, όπως στη διάθλαση, την ανάκλαση, την περίθλαση. Τέτοια φαινόμενα μελετά ο φυσικός κλάδος της οπτικής για το φως, αλλά τα φαινόμενα ισχύουν για όλα τα κύματα. Αυτός ήταν ο λόγος για τον οποίο οι φυσικοί άρχισαν να σκέφτονται για το δυϊσμό του φωτός και μετά της ύλης.

4.2. Είδη κυμάτων

4.2.1. Κατά το σχήμα του κύματος

Τα κύματα έχουν πολλά και διαφορετικά σχήματα (κυματομορφή). Μερικά κύματα είναι πολύ σύντομα, αποτελούνται από δύο, μια ή ακόμη και μη ολοκληρωμένη διαταραχή, τέτοια κύματα ονομάζονται παλμοί. Άλλα κύματα είναι πάρα πολύ εκτενή κι ίσως παράγονται συνέχεια. Ανεξάρτητα από τη μορφή του κύματος αποδεικνύεται ότι όλα τα κύματα αναλύονται σε επαλληλία άπειρων ή πεπερασμένο το πλήθος αρμονικών κυμάτων. Το σχήμα των κυμάτων εξαρτάται από την ταλάντωση του διαταρασσόμενου μεγέθους στην πηγή ή τις πηγές. Στις διάφορες περιοχές που θα διαδοθεί το κύμα, το διαταρασσόμενο μέγεθος ταλαντώνεται όπως οι πηγές. Το πλάτος, όμως θα μειωθεί ή θα αυξηθεί ανάλογα με την ενέργεια που μεταδίδεται στο συγκεκριμένο σημείο.

Ακολουθούν μερικές χαρακτηριστικές περιπτώσεις κυμάτων:

- Αρμονικά κύματα Είναι το κύμα το οποίο παράγεται όταν το διαταρασσόμενο μέγεθος στην πηγή εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση, χαρακτηριζόμενο από μια μόνο συχνότητα. Κάθε σύνθετο κύμα περιέχει περισσότερες από μια συχνότητες και μπορεί να θεωρηθεί ως μια επαλληλία πολλών αρμονικών κυμάτων κατά Fourier.
- Στάσιμα κύματα Αν και κυματικό φαινόμενο δε θεωρείται κύμα^[1]. Είναι το αποτέλεσμα της διάδοσης σε γραμμικό μέσο δύο αρμονικών κυμάτων σε αντίθετες κατευθύνσεις.
- Τετραγωνικά κύματα, Τριγωνικά κύματα κ.τ.λ.
- Ωστικά ή Εκρηκτικά κύματα Η διαταραχή είναι βίαιη και στιγμιαία. Από εκρήξεις παράγονται κύματα που μεταφέρουν τέτοια ενέργεια, ώστε να μπορούν να εκσφενδονίσουν αντικείμενα που βρίσκονται στην πορεία τους

4.2.2.Κατά το σχήμα του κυματομετώπου

Εδώ διακρίνονται δύο υποκατηγορίες:

- **Σφαιρικά Κύματα:** Κύματα όπου οι ισοφασικές επιφάνειες του κύματος είναι ομόκεντρα σφαιρικές. Σφαιρικά θεωρούνται τα κύματα που βρίσκονται **κοντά** σε μια σημειακή πηγή. (βλ. Εγγύς πεδίο ή πεδίο Fresnel)
- **Επίπεδα Κύματα:** Κύματα όπου οι ισοφασικές επιφάνειες του κύματος είναι (προσεγγιστικά) επίπεδες και μεταξύ τους παράλληλες. Επίπεδα μπορούν να θεωρηθούν τα κύματα που βρίσκονται **μακράν** από σημειακή πηγή. (βλ. Μακρινό πεδίο ή πεδίο Fraunhofer)

4.2.3.Κατά την κατεύθυνση της διαταραχής

Η κατεύθυνση του διαταρασόμενου μεγέθους μπορεί να είναι κάθετη ή παράλληλη ως προς την κατεύθυνση διάδοσης των κυμάτων.

4.2.3.α.Διαμήκη κύματα

Διαμήκη ονομάζονται τα κύματα στα οποία η κατεύθυνση του διαταρασόμενου μεγέθους είναι παράλληλη στην κατεύθυνση διάδοσης του κύματος. Στα διαμήκη κύματα ορίζονται πυκνώματα και αραιώματα. Παράδειγμα τέτοιου κύματος είναι μια διαταραχή που διαδίδεται στις σπείρες ενός ελατηρίου.

- **Πύκνωμα** είναι το σημείο στο οποίο υπάρχει η μέγιστη τιμή του διαταρασόμενου μεγέθους. Στο παράδειγμα του ελατηρίου αντιστοιχεί σε πύκνωμα στις σπείρες.
- **Αραίωμα** είναι το σημείο στο οποίο υπάρχει η ελάχιστη τιμή του διαταρασόμενου μεγέθους. Στο παράδειγμα του ελατηρίου αντιστοιχεί σε αραιώμα στις σπείρες.

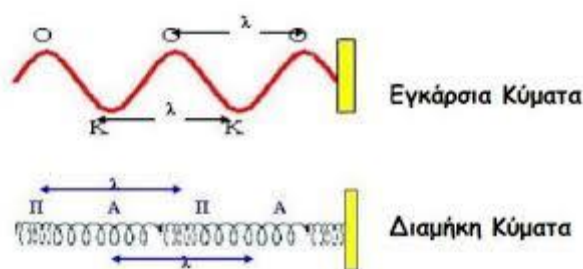
4.2.3.β.Εγκάρσια κύματα

Εγκάρσια ονομάζονται τα κύματα στα οποία η κατεύθυνση του διαταρασόμενου μεγέθους είναι κάθετη στην κατεύθυνση διάδοσης του κύματος. Στα εγκάρσια

κύματα χαρακτηρίζονται σε αντιστοιχία με τα πυκνώματα και τα αραιώματα τα όρη και οι κοιλάδες. Παράδειγμα εγκάρσιου κύματος είναι μία λέμβος στη θάλασσα:

- **Όρος ή Κορυφή** είναι το σημείο στο οποίο υπάρχει η μέγιστη τιμή του διαταρασσόμενου μεγέθους. Για παράδειγμα, λέμε όρος του κύματος είναι στη λέμβο αν αυτή βρίσκεται στο ανώτερο σημείο που μπορεί να βρεθεί.
- **Κοιλάδα ή Κοιλία** είναι το σημείο στο οποίο υπάρχει η ελάχιστη τιμή του διαταρασσόμενου μεγέθους. Για παράδειγμα, λέμε κοιλία του κύματος είναι στη λέμβο αν αυτή βρίσκεται στο κατώτερο σημείο που μπορεί να βρεθεί.

Κύματα ίδιας συχνότητας, ίδιου πλάτους, στην ίδια περιοχή του ίδιου μέσου όπου το ένα είναι εγκάρσιο και το άλλο διαμήκες, το διαμήκες έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από το εγκάρσιο.



ΕΙΚΟΝΑ 19.

4.2.4. Κατά τη γεωμετρία του μέσου διάδοσης

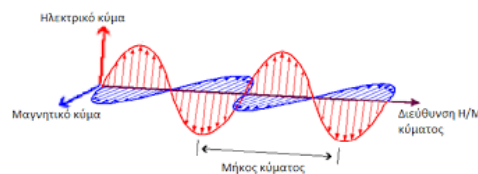
- **Κύματα χώρου:** Περιλαμβάνονται τα κύματα, που δύνανται να διαδοθούν προς πάσαν κατεύθυνση στο χώρο. Σε αυτήν την υποκατηγορία εντάσσονται τα εγκάρσια και τα διαμήκη κύματα.
- **Κύματα επιφανείας:** Περιλαμβάνονται τα κύματα, που διαδίδονται μόνο πάνω σε μια επιφάνεια και όχι στον υπόλοιπο χώρο. Στην επιστήμη της σεισμολογίας, παρατηρούνται εκτός από (εγκάρσια και διαμήκη) κύματα χώρου και μια σειρά από επιφανειακά κύματα. Η διαφορά τους είναι ότι οι δύο πρώτες κατηγορίες διαδίδονται σε όλη τη Γη (συμπεριλαμβανομένου και του εσωτερικού της), ενώ

τα επιφανειακά διαδίδονται μόνο στην επιφάνεια της γης. Επειδή, όλη η ενέργεια είναι συγκεντρωμένη σε μικρότερες περιοχές, αυτά είναι και τα πιο επικίνδυνα και καταστροφικά κύματα.

4.2.5. Κατά το μέσο διάδοσης

Τα κύματα διαδίδονται μέσα σε μέσο, ή χωρίς μέσο, στο κενό. Ανεξάρτητα που διαδίδονται, απαραίτητη προϋπόθεση για τη διάδοση ενός κύματος σε κάποια περιοχή είναι να μπορεί να διαταραχθεί το διαταρασσόμενο μέγεθος, που χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο κύμα. Τα είδη των κυμάτων με βάση το μέσο διάδοσης στα οποία μπορούν να διαδοθούν είναι:

- **Μηχανικά κύματα:** Διαδίδονται σε ελαστικό μέσο. Το διαταρασσόμενο μέγεθος είναι η θέση των μορίων του μέσου. Τα κύματα αυτά μπορούν να είναι εγκάρσια ή διαμήκη (ή επιφανειακά).
- **Ηλεκτρομαγνητικά κύματα** (ή Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία): Διαδίδονται στην ύλη και το κενό. Το διαταρασσόμενο μέγεθος είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου και η ένταση του μαγνητικού πεδίου. Οι διαταραχές στα δύο πεδία είναι συμφασικές, ώστε να λαμβάνουν ταυτόχρονα τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή τους. Τα κύματα αυτά είναι εγκάρσια.



ΕΙΚΟΝΑ 20.

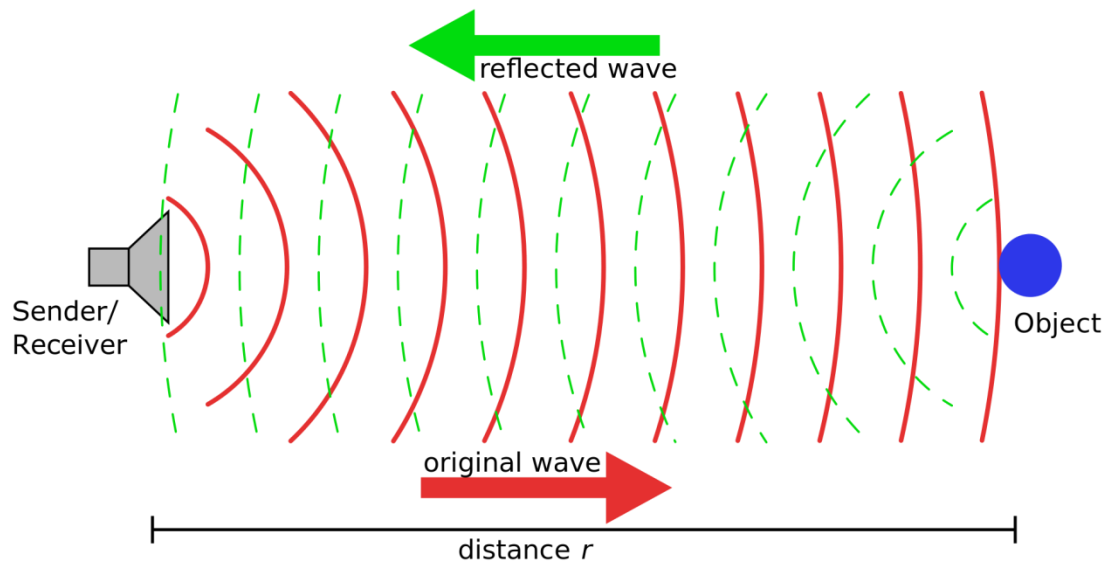
- **Βαρυτικά κύματα:** Τα τελευταία χρόνια μερικοί φυσικοί θεωρούν ότι υπάρχουν και βαρυτικά κύματα. Συμπεριφέρονται όπως τα ηλεκτρομαγνητικά, με τη διαφορά ότι το μέσο διάδοσης είναι ο χωροχρόνος.
- **Υλικό κύμα:** Αυτού του είδους τα κύματα μελετώνται από την κβαντική φυσική.

4.3. Η χρήση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στα ραντάρ

Ο **ραδιοεντοπιστής** ή γνωστότερο με το διεθνές όνομα **ραντάρ** προέρχεται από σύντμηση των αγγλικών λέξεων «**RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging» και σημαίνει «Ανίχνευση με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και μέτρηση αποστάσεως».

Αποτελεί βασικό ηλεκτρονικό σύστημα ηλεκτρομαγνητικού εντοπισμού, παρακολούθησης ακίνητων και κινητών στόχων, σε αποστάσεις και συνθήκες φωτισμού απαγορευτικές για τον απευθείας οπτικό εντοπισμό, δηλαδή με το ανθρώπινο μάτι ή και οπτικά όργανα.

Η μεγάλη αξία του ραντάρ οφείλεται στις σημαντικές δυνατότητες ανίχνευσης και παρακολούθησης στόχων σε μεγάλες αποστάσεις και με μεγάλη ακρίβεια.



ΕΙΚΟΝΑ 21.

Η αρχή λειτουργίας του ραντάρ βασίζεται στην εκπομπή και λήψη (επιστροφών) των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μετά από ανάκλαση σε κάποιο αντικείμενο.

Το πρώτο ραντάρ που τέθηκε σε λειτουργία με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα ήταν κατασκευή του Εθνικού Εργαστηρίου Φυσικής (National Physical Laboratory, NPL) της Μ. Βρετανίας το 1940.

Σήμερα, το ραντάρ δεν έχει μόνο βελτιωθεί, αλλά χρησιμοποιείται και για διάφορους άλλους σκοπούς.

Τα συστήματα ραντάρ, ανάλογα με την πλατφόρμα/φορέα και τον επιθυμητό χώρο ραδιοεντοπισμού διακρίνονται σε:

- ***Ραντάρ Ανιχνεύσεως επιφάνειας.***

Τα Ραντάρ Ανιχνεύσεως επιφάνειας ή αλλιώς ραντάρ ναυσιπλοΐας, εγκαθίστανται σε ακτές ή σε πλοία και ανιχνεύουν την επιφάνεια της θάλασσας. Ανιχνεύουν όμως και τον εναέριο χώρο, αλλά σε μικρό ύψος. Εντοπίζουν στερεά αντικείμενα από σχετικά αγωγίμο υλικό (στόχους), που βρίσκονται στην επιφάνεια της θάλασσας ή σε μικρό ύψος και παρέχουν ακριβείς πληροφορίες αποστάσεων και διοπτύσεων των στόχων που εντοπίζουν. Ο εντοπισμός των στόχων επιτυγχάνεται ανεξάρτητα από τις συνθήκες ορατότητας και σε αποστάσεις μεγαλύτερες από αυτές του ορατού ορίζοντα. Χρησιμοποιούνται για να διασφαλίζουν την Ασφαλή ναυσιπλοΐα, τον Εντοπισμό εχθρικών ή μη πλοίων και Την ύπαρξη ή μη αντικειμένων (στόχων) στην επιφάνεια της θάλασσας.

- ***Ραντάρ ανιχνεύσεως αέρα.***

Εγκαθίστανται στο έδαφος (σε βουνοκορφές ή κοντά σε αεροδρόμια) και σε πλοία. Ως σκοπό έχουν να ανιχνεύουν τον εναέριο χώρο σε μεγάλες αποστάσεις και σε μεγάλα ύψη. Με το Ραντάρ ανιχνεύσεως αέρα εξασφαλίζεται ο έλεγχος της εναέριας κυκλοφορίας για την εξασφάλιση της δυνατότητας προσανατολισμού των αεροσκαφών και ο εντοπισμός εχθρικών αεροσκαφών σε μεγάλες αποστάσεις.

- ***Ραντάρ ελέγχου προσγειώσεως αεροσκαφών.***

Εγκαθίστανται κοντά σε διαδρόμους αεροδρομίων ή σε αεροπλανοφόρα πλοία. Έχουν μικρή εμβέλεια, αλλά μεγάλη ακρίβεια και παρέχουν πληροφορίες αποστάσεως, ύψους, κατευθύνσεως διαδρόμου προσγειώσεως και ίχνους καθόδου. Οι πληροφορίες αυτές μεταδίδονται από το χειρίστη του ραντάρ με ραδιοτηλέφωνο στα αεροσκάφη και έτσι εξασφαλίζεται ασφαλείς προσγείωση, ακόμη και σε περίπτωση εντελώς ανύπαρκτης ορατότητας.

- ***Υψομετρικά ραντάρ.***

Εγκαθίστανται σε αεροσκάφη και εξασφαλίζουν ακριβή μέτρηση του ύψους πτήσεώς τους.

- ***Μετεωρολογικά ραντάρ.***

Με αυτά εξασφαλίζεται ο έγκαιρος εντοπισμός και η παρακολούθηση των επερχομένων καταιγίδων και κυκλώνων.

- ***Ραντάρ ελέγχου πυρός.***

Αποτελούν μέρος των διαφόρων τύπων οπλικών συστημάτων, στα οποία παρέχουν τα απαραίτητα στοιχεία βολής ή και στοιχεία διορθώσεως της κατευθύνσεως κινήσεως ορισμένων τύπων τηλεκατευθυνόμενων βλημάτων.

- ***Ραντάρ μετρήσεως ταχύτητας.***

Με αυτά επιτυγχάνεται η ακριβής μέτρηση της ταχύτητας οχημάτων στους αυτοκινητόδρομους και διαπιστώνεται η τήρηση ή μη του ορίου ταχύτητας, καθώς και η μέτρηση της ταχύτητας πλοίων σε θαλάσσιες περιοχές που ισχύει όριο ταχύτητας.

- ***Ραντάρ ανίχνευσης κίνησης.***

Ανιχνεύουν κινήσεις σε σταθερούς χώρους και ενεργοποιούν συναγερμούς, φώτα και διάφορους άλλους μηχανισμούς.

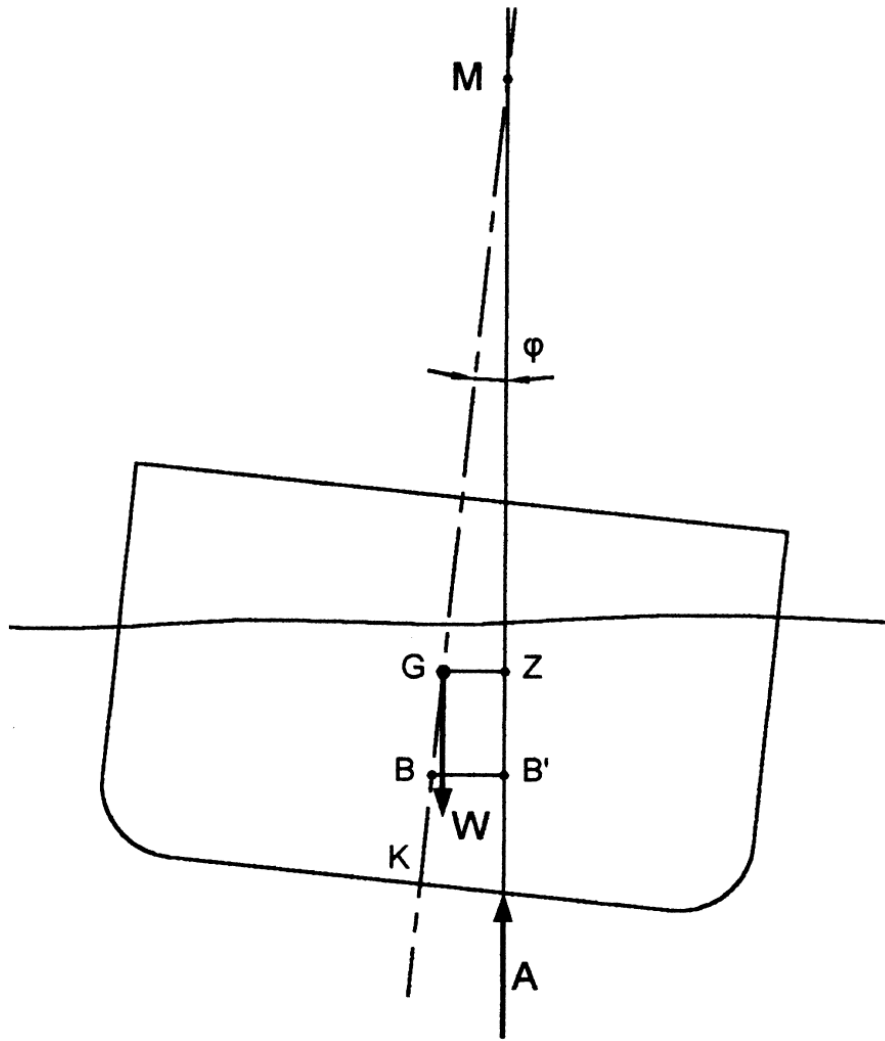
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

Ευστάθεια πλοίου ονομάζεται η τάση που παρουσιάζει ένα πλοίο ν' ανθίσταται σε οποιαδήποτε κλίση εγκάρσια ή διαμήκη, που προκαλείται από διάφορες αιτίες, καθώς επίσης και η τάση επαναφοράς του στην "αρχική θέση ισορροπίας" του (κατακόρυφη θέση).

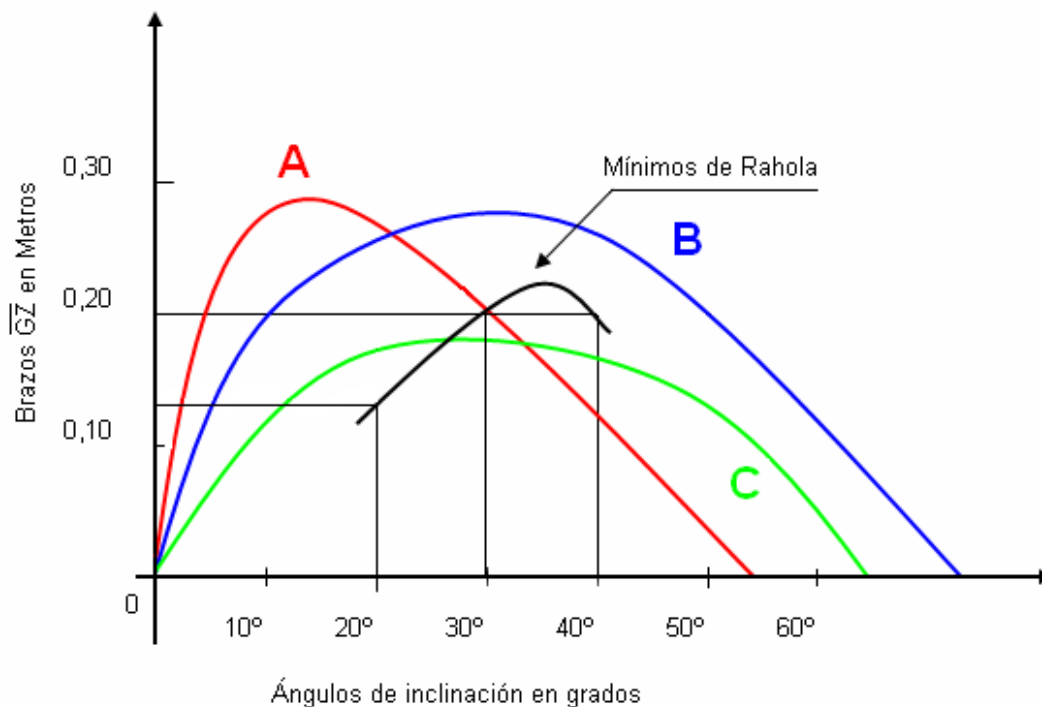
Για τη πληρέστερη κατανόηση της ευστάθειας των πλοίων κρίνεται απαραίτητη η παράθεση στοιχειωδών πειραματικών γνώσεων υδροστατικής και ειδικά επί της Αρχής του Αρχιμήδη σε ότι αφορά τα πλοία. Αν σε κάποια μικρή δεξαμενή νερού ριφθεί ένα μεταλλικό συμπαγές αντικείμενο βάρους π.χ. 3 kg, αυτό αμέσως θα βυθισθεί, θα φθάσει στο πυθμένα εκτοπίζοντας όγκο ύδατος ίσο με τον όγκο του αντικειμένου. Αν όμως ριφθεί στο νερό ένα υδατοστεγές (στεγανό) δοχείο ίδιου βάρους με το προηγούμενο αντικείμενο τότε αυτό θα επιπλέει στη επιφάνεια του νερού εκτοπίζοντας τόσο όγκο νερού όσος θα είναι και ο όγκος του βυθισμένου (υπό τη στάθμη) τμήματος του δοχείου. Τότε διαπιστώνεται ότι: το βάρος του εκτοπιζόμενου (όγκου) ύδατος είναι ίσο με το βάρος του δοχείου. Αν στη συνέχεια τοποθετηθεί ένα αντικείμενο μέσα στο δοχείο βάρους π.χ. 1 kg, τότε το δοχείο θα βυθισθεί ακόμα περισσότερο έτσι ώστε να εκτοπίσει επιπλέον όγκο ύδατος, ίσο με το επιπλέον όγκο του βυθισμένου τμήματός του, του οποίου το βάρος θα είναι 1 kg. Έτσι υπό τη νέα αυτή συνθήκη ο συνολικός όγκος ύδατος που θα έχει εκτοπιστεί θα είναι 4 κιλά.

Ένα πλοίο λοιπόν όταν είναι σε κατακόρυφη θέση ως προς τη στάθμη της θάλασσας εκτοπίζει ένα ορισμένο όγκο ύδατος. Αν αυτό κλίνει προς τη μια πλευρά τότε αλλάζει το σχήμα μόνο του βυθισμένου τμήματός του, των υφάλων του, ενώ ο όγκος του εκτοπιζομένου ύδατος και βεβαίως το βάρος αυτού παραμένει το ίδιο. Συνεπώς η ευστάθεια είναι εκείνη που θα διατηρήσει το πλοίο σε ασφαλή πλευση.



EIKONA 22

Κύρια στοιχεία της ευστάθειας των πλοίων είναι το κέντρο βάρους πλοίου, το κέντρο άντωσης πλοίου, που και τα δύο επενεργούν ως ζεύγος ευστάθειας, η ροπή ευστάθειας (μοχλοβραχίονας ευστάθειας), το μετάκεντρο, το μετακεντρικό ύψος, ο βαθμός ευστάθειας και τέλος οι συνθήκες ευστάθειας στις διάφορες κλίσεις πλοίου.



ΕΙΚΟΝΑ 23

Καμπύλες ευστάθειας πλοίου με πλήρες φορτίο στην (ΕΙΚΟΝΑ 23)

Καμπύλη Α:Καμπύλη ευστάθειας βαρύ φορτίου

Καμπύλη Β:Καμπύλη ευστάθειας φορτίου μέσου βάρους

Καμπύλη C:Καμπύλη ευστάθειας ελαφρύ φορτίου.

Από τις κορυφές των καμπυλών και εκτός αυτών (δεξιότερα) οι γωνίες έχουν μηδενική ευστάθεια.

Από της ναυπήγησής τους όλα τα πλοία και ιδιαίτερα τα φορτηγά πλοία εφοδιάζονται και με ειδικά σχεδιαγράμματα που αφορούν την ευστάθειά τους, τις λεγόμενες καμπύλες ευσταθείας, που ανταποκρίνονται σε διάφορες χαρακτηριστικές συνθήκες φόρτωσης αυτών. Τα σχεδιαγράμματα αυτά, που είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στην απεικόνιση των ορίων της ευστάθειας του πλοίου, χαράσσονται εξ υπολογισμού επί συστήματος αξόνων, εκ των οποίων ο κάθετος παριστά τιμές του μοχλοβραχίονα ανόρθωσης GZ , ο δε άλλος τις τιμές θ των διαφόρων γωνιών κλίσης. Έτσι εκ της καμπύλης αυτής βρίσκονται οι αντίστοιχες τιμές του GZ σε διάφορες γωνίες κλίσης, ενώ το γινόμενο του εκτοπίσματος επί GZ εκφράζει σε ποδοτόνους τη καλούμενη στατική ευστάθεια (statical stability).

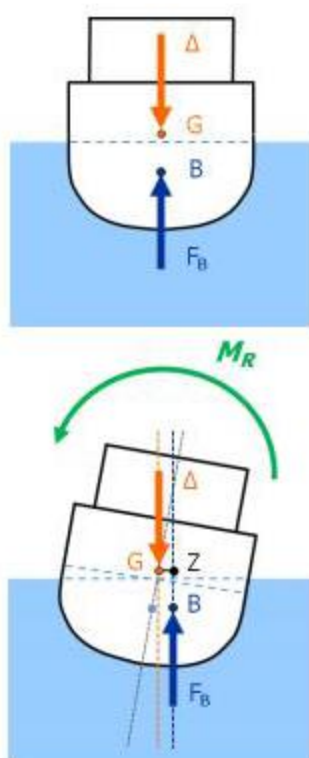
Στις μικρές γωνίες κλίσης όπου και αντιστοιχεί η καλούμενη αρχική ευστάθεια ο GZ (μοχλοβραχίονας), αυξάνεται πολύ αργά και εξαρτάται κυρίως από το GH ή GM

(μετακεντρικό ύψος), του οποίου και είναι υποπολλαπλάσιο, λόγω της μικρής τιμής και της αργής μεταβολής του ημθ. Περαιτέρω όμως ο GZ αυξάνει ταχύτερα και λαμβάνει τη μέγιστη τιμή σε γωνία κλίσης που ονομάζεται γωνία μέγιστης ευστάθειας . Αντίθετα η γωνία κλίσης στην οποία ο GZ μηδενίζεται, ονομάζεται γωνία μηδενικής ευστάθειας. Με μια τέτοια γωνία κλίσης θα μηδενισθεί προφανώς και το GM λόγω της σχετικής θέσης των κέντρων βάρους - άντωσης.

Έτσι η καμπύλη ευστάθειας καταδεικνύει σαφώς ότι η τιμή του GM παραμένει αξιόλογος για μεγάλες γωνίες κλίσης του πλοίου.

5.1. Ροπή και μοχλοβραχίονας επαναφοράς

Έστω ένα πλοίο που ισορροπεί σε ήρεμη θάλασσα, του οποίου η εγκάρσια τομή φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Για να εξεταστεί η εγκάρσια ευστάθειά του πρέπει το



ΕΙΚΟΝΑ 24

πλοίο να εκτραπεί από τη θέση ισορροπίας του κατά εγκάρσια γωνία φ και να μελετηθεί η συμπεριφορά του, δηλαδή αν θα επιστρέψει στη θέση ισορροπίας του (θετική ευστάθεια) ή αν θα απομακρυνθεί από αυτή (αρνητική ευστάθεια). Η μεταβολή του βυθισμένου όγκου του πλοίου λόγω της εγκάρσιας κλίσης που έλαβε έχει ως συνέπεια την μετακίνηση του κέντρου άντωσης του. Η δύναμη του βάρους και της άντωσης δεν βρίσκονται πλέον στην ίδια ευθεία με αποτέλεσμα να δημιουργούν ένα ζεύγος δυνάμεων, το οποίο προκαλεί στο πλοίο ροπή με φορά αντίθετη από την εγκάρσια κλίση που έλαβε το πλοίο (ροπή επαναφοράς - M_R). Η ροπή επαναφοράς

ισούται με το γινόμενο του βάρους του πλοίου με την απόσταση των φορέων των δύο δυνάμεων, η οποία ονομάζεται μοχλοβραχίονας επαναφοράς - GZ:

$$M_R = \Delta \cdot GZ$$

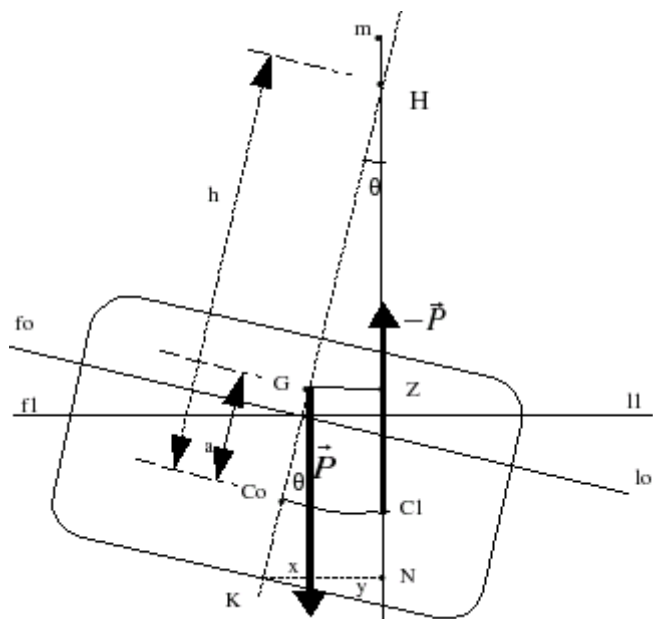
5.2. Μετάκεντρο

Ένα πλοίο είναι δυνατόν να αποκτήσει κλίση προς οποιαδήποτε κατεύθυνση από δύο μόνο λόγους: ή λόγω επίδρασης εξωτερικών δυνάμεων, π.χ. κυματισμού, ή από μετατόπιση βάρους. Για την απλούστευση του θέματος, οι διάφορες κλίσεις και τ' αποτελέσματά τους εξετάζονται χωριστά "κατά το εγκάρσιο", δηλαδή εκατέρωθεν του διαμήκους άξονα (που διέρχεται από πλώρη-πρύμνη), και "κατά το διάμηκες", δηλαδή εκατέρωθεν του μέσου εγκάρσιου άξονα, (που διέρχεται στο μέσον αυτού από πλευρά σε πλευρά).

- **Μετάκεντρο** (metacenter) λέγεται το θεωρητικό σημείο τομής της γραμμής επί της οποίας ενεργεί η δύναμη της άντωσης, (η διεύθυνση της άντωσης), με τον κατακόρυφο άξονα ενός πλοίου.
- **Μετακεντρικό ύψος** (metacentric height) ονομάζεται η απόσταση από το μετάκεντρο μέχρι το κέντρο βάρους πλοίου.

5.3.Μετάκεντρο εγκάρσιας ευστάθειας

Το σχήμα παριστά σε εγκάρσια τομή, κατά το διαμήκη άξονα, ορθό πλοίο που βρίσκεται στην ίσαλο **f1-l1** (float-level 1), με κέντρο άντωσης το σημείο **C0**, και κέντρο βάρους το σημείο **G**. Έστω λοιπόν ότι το πλοίο αυτό υπό την επίδραση κάποιας δύναμης κλίνει κατά γωνία θ προς τη νέα ίσαλο **f0-l0**. Η νέα ίσαλος θα έχει βέβαια οριζόντια θέση την οποία και έχουν όλα τα ήρεμα υγρά. Για την απλούστευση ακόμα του σχήματος έναντι της πραγματικότητας θεωρείται ότι το πλοίο μένει ακίνητο και περιστρέφεται η ίσαλος, εφόσον αυτό δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα.



EIKONA 25

Με δεδομένα αυτά και εφόσον ουδεμία μετακίνηση βαρών έχει επέλθει, το εκτόπισμα του πλοίου και η θέση του G δεν μεταβάλλονται κατά τη κλίση, και κατά συνέπεια δεν μεταβάλλεται και το μέγεθος της άντωσης. Η άντωση όμως εκδηλώνεται σ' ένα νέο σημείο, νέο κέντρο άντωσης, στο C_1 , μετατόπιση που οφείλεται στην αλλαγή του σχήματος των υφάλων λόγω της κλίσης. Η από το σημείο C_1 υψούμενη κατακόρυφος (κάθετος προς την ίσαλο float-level 1) τέμνει τον μέσο άξονα του πλοίου K στο σημείο H που σύμφωνα με παραπάνω ορισμό ονομάζεται **μετάκεντρον** (metacenter). Το παρατηρούμενο στο σχέδιο ύψος του μετάκεντρον υπέρ του κέντρου βάρους G , δηλαδή η απόσταση GH , ονομάζεται μετακεντρικό ύψος (metacentric height). Το δε ύψος του μετάκεντρον υπέρ το κέντρο άντωσης C_0 , ονομάζεται μετακεντρική ακτίνα, (metacentric radius), δηλαδή η C_0H .

Στη κεκλιμένη θέση του πλοίου τόσο το C_1 , όσο και το G δεν βρίσκονται πλέον στο αυτό κατακόρυφο επίπεδο της διαμήκουσ συμμετρίας, λόγω της μετατόπισης του πρώτου, με συνέπεια η μεν βαρύτητα να ενεργεί κατά την έννοια της G_x , ενώ η άντωση κατά την έννοια της C_{1m} . Οι δύο αυτές ίσες δυνάμεις, ως αντίθετες, δημιουργούν ήδη ζεύγος του οποίου μοχλοβραχίονας είναι η από το G φερόμενη κάθετος GZ στον άξονα της άντωσης. Επειδή τελικά το ζεύγος αυτό τείνει να επαναφέρει το πλοίο στη θέση ισορροπίας του ονομάζεται ζεύγος ανόρθωσης (righting couple). Ο δε μοχλοβραχίονας GZ λέγεται και *μοχλοβραχίονας ανόρθωσης* (righting lever).

- Η Ροπή του ζεύγους, δηλαδή το γινόμενο **εκτόπισμα \times GZ** είναι η ροπή ευστάθειας ή "ροπή ανόρθωσης" (righting moment) του πλοίου.

Στη πράξη, εφόσον το εκτόπισμα έχει ήδη προκαθορισμένη τιμή, η ροπή ευστάθειας θα εξαρτάται από τη τιμή του μοχλοβραχίονα GZ , που κι αυτός εξαρτάται από τη θέση του G . Έτσι οι δύο γωνίες που παρατηρούνται μεταξύ των δύο ισάλων (επιφανειών), που λέγονται και σφήνες, η μεν δεξιά (στο σχήμα) λέγεται *αναδυόμενη*, (είναι ίση με τη γωνία κλίσης), ή δε *άλλη καταδυόμενη*.

- Από το τρίγωνο GZH προκύπτει ότι ο βραχίονας ανόρθωσης $GZ = GH \eta\mu\theta$. Αν επομένως είναι γνωστό το μετακεντρικό ύψος του πλοίου είναι εύκολος ο υπολογισμός της τιμής του βραχίονα ανόρθωσης, ανάλογα της εκάστοτε γωνίας

κλίσεως. Το μετάκεντρο ορίζεται από τον ναυπηγό, το δε μετακεντρικό ύψος βρίσκεται από το ονομαζόμενο πείραμα ευσταθείας.

5.4.Θέση του Μετάκεντρου

Το ύψος του Μετάκεντρου από το κέντρο άντωσης εξαρτάται μόνο από δύο παράγοντες: το σχήμα του πλοίου στην επιφάνεια της θάλασσας, και απ' αυτήν την ίδια τη θάλασσα, κατάσταση κυματισμού. Επομένως το μετακεντρικό ύψος θα εξαρτάται από το πλάτος του πλοίου, την έκτασή του στην επιφάνεια, το σχήμα και το βύθισμά του. Οι παραπάνω σχέσεις δίνονται από τον τύπο:

$$CM=I/V = K [(L B^3)/(L B D)] = K (B^2/D)$$

όπου:

CM: Μετακεντρικό ύψος

I: Ροπή αδράνειας Ισάλου

V: Όγκος εκτοπίσματος

K: Μία σταθερά που εξαρτάται από την επιφάνεια της θάλασσας και το σχήμα του πλοίου,

L: Μήκος πλοίου

B: Πλάτος πλοίου

D: Βύθισμα πλοίου

Από τη παραπάνω σχέση συνάγεται ότι το Μετακεντρικό ύψος είναι κατ' ευθείαν ανάλογο προς το τετράγωνο του πλάτους του πλοίου και αντιστρόφως ανάλογο προς το βύθισμά του. Όταν λοιπόν το πλοίο κλίνει προς μία πλευρά η θέση του μετάκεντρου εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες που εξαρτάται και η Ροπή Ευσταθείας του πλοίου, δηλαδή από το σχήμα της ισάλου, και τη θέση του Κέντρου άνωσης. Για γωνίες κλίσεων όχι μεγαλύτερες των 10° η θέση του Μετάκεντρου δεν θα παραμένει σταθερή αλλά θα αλλάζει ανάλογα με τη γωνία κλίσης.

Συνεπώς ο ναυπηγός θα πρέπει να ρυθμίσει τις υπόψη διαστάσεις ενός σκάφους

προκειμένου να εξασφαλίζει ένα λογικό περιθώριο αρχικής ευστάθειας, υπό κανονικές συνθήκες φόρτου, καθώς και ένα επίσης λογικό περιθώριο ευστάθειας για πιθανές γωνίες κλίσης όπου μπορεί το πλοίο να λάβει (ανάλογα του τύπου του) κατά τον διατοιχισμό του, σε περίπτωση μεγάλης θαλασσοταραχής. Βέβαια σε γενικές γραμμές ένα πλοίο κανονικής μορφής που παρουσιάζει λογικό περιθώριο αρχικής ευστάθειας σε κανονικές συνθήκες, θα παρουσιάζει επίσης επαρκή ευστάθεια για την επαναφορά στη κατακόρυφη θέση του.

- Η Θέση του Μετάκεντρου καθορίζεται από τον ναυπηγό όταν σχεδιάζει το πλοίο ο οποίος και συντάσσει ένα Μετακεντρικό διάγραμμα στο οποίο προσδιορίζεται η θέση του Μετάκεντρου σε οποιοδήποτε βύθισμα που λάβει το πλοίο.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Συνοψίζοντας λοιπόν μπορούμε να οδηγηθούμε σε κάποια συμπεράσματα για την άμεση σχέση και εφαρμογή που έχουν οι νόμοι που διέπουν τη φυσική στη ναυπηγική τέχνη και ναυσιπλοΐα. Είναι γεγονός ότι η ασφαλής πλεύση , η μεταφορά και η κίνηση των πλοίων συνδέονται συνδέονται άρρηκτα με τους κανόνες που διέπουν την φυσική επιστήμη. Έτσι λοιπόν αυτή η επιστήμη συνεισφέρει σημαντικά στην εξέλιξη της ναυτιλίας. Καθοριστικός δε ο ρόλος της στην προστασία της ανθρώπινης ζωής , της ασφαλούς μεταφοράς του φορτίου και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Καταληκτικά αντιλαμβανόμαστε ότι η συνεχής εξέλιξη της φυσικής επιστήμης θα επιφέρει τα μέγιστα δυνατά αποτελέσματα στην πρόοδο της τεχνολογίας και κατά συνέπεια στην ναυσιπλοΐα και στην ναυτική επιστήμη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%CE%AE>
2. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BB%CE%BF%CE%AF%CE%BF>
3. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B1%CF%85%CF%83%CE%B9%CB1>
4. <https://www.voria.gr/index.php/article/kouvelis-i-nafsiploa-ine-klironomia-gia-ena-kalitero-mellon>
5. <https://wol.jw.org/el/wol/d/r11/lp-g/102003613>
6. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%BD%CF%89%CF%83%CE%B7>
7. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%AE_%B7
8. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%86%CE%BD%CF%89%CF%83%CF%CF%85>
9. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%BC%CF%8C%CF%F%CF%85>
10. <http://slideplayer.gr/slide/5642528/>
11. https://maredu.gunet.gr/modules/file.php/MAK110/11_ANTIΣΤΑΣΗ
12. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%8D%CE%BC%CE%B1>
13. ΒΙΒΛΙΟ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ ΜΕ ΤΙΤΛΟ "ΕΥΣΤΑΘΙΑ-ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΟΡΤΙΩΝ" ΤΩΝ Γ.ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΣ,Δ.ΦΩΚΑΣ,Σ.ΒΟΥΛΓΑΡΗΣ.
14. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AC%CF%81#/media/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%BF:Sonar_Principle_EN.svg
15. Μαλαχίας, Σάγος: "Αρχές ραντάρ και ηλεκτρονικού πολέμου στην εποχή της πληροφορικής", Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2004
16. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%AC%CE%BA%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%BF>
17. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%AC%CE%BA%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%BF>
18. ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ-ΚΟΠΩΣΕΙΣ ΙΩΑΝΝΗ ΕΜ. ΚΟΛΛΙΝΙΑΤΗ Β' ΕΚΔΟΣΗ ΑΘΗΝΑ 2019 ΕΥΓΕΝΙΔΙΟ ΙΔΡΥΜΑ
19. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΠΑΝΤΖΑΛΗ Β' ΕΚΔΟΣΗ ΑΘΗΝΑ 2017 ΕΥΓΕΝΙΔΙΟ ΙΔΡΥΜΑ

20. ΠΑΝΤΑΡ ΓΕΡΑΣΙΜΟΥ Σ. ΛΙΝΑΡΔΑΤΟΥ ΔΙΟΝΥΣΙΟΥ Σ. ΛΙΝΑΡΔΑΤΟΥ Β΄
ΕΚΔΟΣΗ ΑΘΗΝΑ 2016 ΕΥΓΕΝΙΔΙΟ ΙΔΡΥΜΑ

21. ΦΥΣΙΚΗ ΑΝΤΩΝΙΟΥ Χ. ΒΡΟΥΛΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΥ Ι. ΚΑΡΝΑΒΑ Β΄ ΕΚΔΟΣΗ
ΑΘΗΝΑ 2018 ΕΥΓΕΝΙΔΙΟ ΙΔΡΥΜΑ

22. ΣΤΟΧΕΙΑ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΑΙΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΛΥΚΟΥΔΗ Γ΄ ΕΚΔΟΣΗ ΑΘΗΝΑ
2015 ΕΥΓΕΝΙΔΙΟ ΙΔΡΥΜΑ

EIKONEΣ

EIKONA 1. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%85%C%CE%BA%CE%AE>

EIKONA 2. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BB%CE%BF%CE%AF%CE%BF>

EIKONA 3. <http://www.e-nautilus.gr/katigories-kai-eidi-ploiwn/>

EIKONA 4. <https://hellas-astro.gr/tag/%CBB%CE%BF%CE%90%CE%B1/print-search>

EIKONA 5. <https://www.slideshare.net/vasovlaha/ss-60186798>

EIKONA 6. <https://slideplayer.gr/slide/11322225/>

EIKONA 7. hysiclessons.blogspot.com/2012/02/blog-post_97.html

EIKONA 8. <http://www.e-nautilus.gr/giati-epipleei-ena-ploio-kai-poia-h-sxsh-tou-ypsous-exalwn-me-thn-efedrikh-pleustothta/>

EIKONA 9. https://el.wikipedia.org/wiki/%B7_%CF%80%BB%BF%CE%AF%CE%BF%CF%85

EIKONA 10. https://el.wikipedia.org/wiki/%B7_%CF%80%BB%BF%CE%AF%CE%BF%CF%85

EIKONA 11. https://el.wikipedia.org/wiki/%B7_%CF%80%BB%BF%CE%AF%CE%BF%CF%85

EIKONA 12. <https://el.wikipedia.org/wiki/>

EIKONA 13. <https://www.digopaul.com/english-word/hogging.html>

EIKONA 14. <https://www.tc.gc.ca/eng/marinesafety/tp-tp14609-4-construction-150.htm>

EIKONA 15. <http://slideplayer.gr/slide/5642528/>

EIKONA 16. https://maredu.gunet.gr/modules/file.php/MAK110/11_ANTIΣΤΑΣΗ

EIKONA 17. <https://www.tc.gc.ca/eng/marinesafety/tp-tp14609-4-construction-150.htm>

EIKONA 18. <https://www.tc.gc.ca/eng/marinesafety/tp-tp14609-4-construction-150.htm>

EIKONA 19. <http://www.hellenica.de/Physik/Kyma.html>

EIKONA 20. https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1841/1/02_chapter_1.pdf

EIKONA 21. <https://eclass.teiwm.gr/modules/document/file.php/BSMM120/%CE%98%CE%95%CE%A9%CE%A1%CE%99%CE%91/YPERHXOS.pdf>

EIKONA 22. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%B1CF%81#/media/%CE%91%CE%81%CF%87%CE%B5CE%BF:Sonar_Principle_EN.svg

EIKONA 23. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE>

EIKONA 24. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE>

EIKONA 25. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CE>

EIKONA 26. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE>