

## Quesito D anno 2010

Su una nave che trovasi a ponti orizzontali si innalza verticalmente di 10 m un peso di 80 ton portandolo in coperta per poi trasferirlo verso la murata di dritta per 6 m in senso orizzontale trasversale.

Il candidato calcoli il nuovo valore dell'altezza metacentrica trasversale iniziale, l'angolo di sbandamento, le variazioni delle coordinate del baricentro della nave ed a quale livello dal mare si troveranno i portelli di murata, essendo essi situati a 1,40 m dal galleggiamento.

Sono noti:

$$D = 10.000 \text{ ton};$$

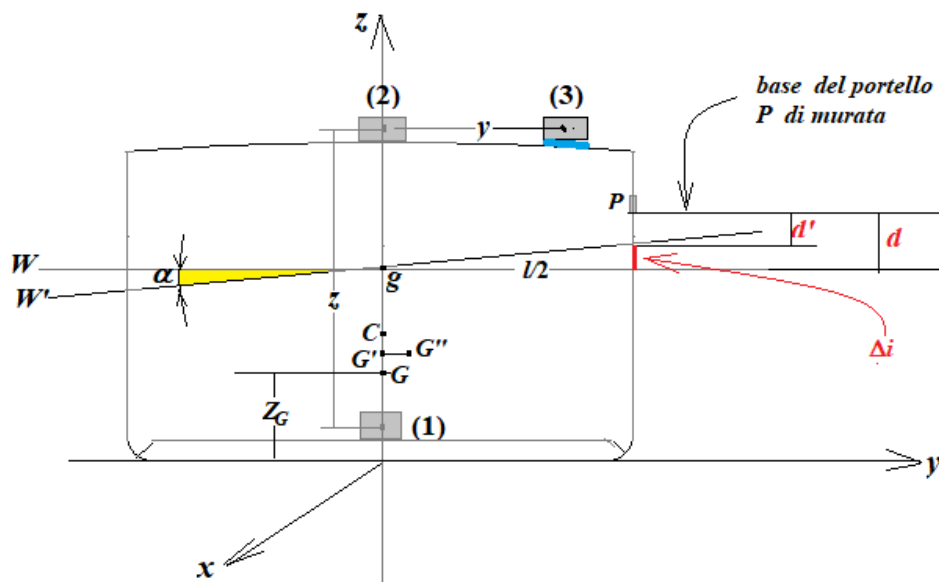
$$r - a = 0,60 \text{ m};$$

$$l \text{ (larghezza della nave al galleggiamento)} = 16 \text{ m}.$$

## SOLUZIONE

DATI:

- dislocamento  $D = 10000 \text{ t}$
- altezza metacentrica  $r - a = 0.60 \text{ m}$
- larghezza della nave al galleggiamento  $l = 16 \text{ m}$
- distanza della base dei portelli di murata dal livello del mare  $d = 1.40 \text{ m}$
- spostamento verticale, verso l'alto, del peso  $z = 10 \text{ m}$
- spostamento trasversale, supponiamo a dritta,  $y = 6 \text{ m}$



Nella figura abbiamo:

- $W$  assetto trasversale della nave a ponti orizzontali col peso nelle posizioni (1) e (2),
- $W'$  assetto trasversale della nave a nave sbandata dell'angolo  $\alpha$  a seguito dello spostamento trasversale del peso trasferito nella posizione (3),
- $G$  baricentro della nave col peso nella posizione (1)
- $G'$  baricentro della nave col peso nella posizione (2)

- $G''$  baricentro della nave col peso nella posizione (3)
- $Z_G$  ordinata del baricentro  $G$
- $\frac{l}{2}$  semi larghezza della nave al galleggiamento
- $\alpha$  angolo di sbandamento
- $d$  distanza della base dei portelli di murata dal livello del mare

E' noto che il baricentro  $G$  di qualunque nave, a seguito di spostamento di un peso  $p$ , di una quantità  $d$  in una certa direzione è direttamente proporzionale al peso stesso e alla distanza che il peso ha percorso ed inversamente proporzionale al dislocamento; detta  $G_1$  la posizione del baricentro della nave a spostamento avvenuto, è:

$$GG_1 = \frac{p \cdot d}{D},$$

tenuto conto debitamente delle unità di misura.

Nel nostro caso, è:

- dalla posizione (1) alla posizione (2)

$$GG' = \frac{p \cdot z}{D} = \frac{80t \cdot 10m}{10000t} = 0.08m,$$

pertanto la nuova altezza metacentrica è

$$r - a' = r - a - \frac{p \cdot z}{D} = 0.60m - 0.08m = 0.52m;$$

- dalla posizione (2) alla posizione (3) la nave cambia l'assetto trasversale trovando equilibrio quando il momento sbandante

$$m_s = p \cdot y \cdot \cos \alpha \quad (*)$$

uguaglia il momento di stabilità trasversale

$$M_s = D \cdot (r - a') \cdot \sin \alpha \quad (**)$$

La (\*) e la (\*\*) formano un sistema la cui incognita è l'angolo  $\alpha$  di sbandamento, pertanto è

$$\tan \alpha = \frac{p \cdot y}{D \cdot (r - a')} = 0.092307692 \quad \Rightarrow \quad \alpha \cong 5.27389594^\circ \cong 5^\circ 16' 26'' \quad (***)$$

OSSERVAZIONE. Nella frazione della (\*\*\*) il numeratore ed il denominatore hanno uguale dimensione e pertanto il loro rapporto è un numero puro, pertanto può essere certamente il valore naturale della tangente goniometrica di un angolo.

► La (\*\*\*) esprime la variazione di assetto trasversale espressa in angolo sessagesimale a cui corrisponde quella espressa in  $m$  ovvero  $2 \cdot \Delta i$ . (vedi figura)

Calcoliamo  $\Delta i$  dal triangolo rettangolo avente cateti egli stesso e  $\frac{l}{2}$ :

$$\Delta i = \frac{l}{2} \cdot \tan \alpha = 8m \cdot \tan 5^\circ 16' 26'' \cong 0.74m$$

da cui

$$d' = d - \Delta i \cong (1.40 - 0.74)m = 0.66m$$

■ Per quanto concerne le variazioni delle coordinate che subisce il baricentro della nave a seguito di questi due spostamenti del peso, abbiamo:

- $Z_{G'} - Z_G = \frac{P \cdot z}{D} = 0.08m$
- $Y_{G''} - Y_{G'} = Y_{G''} - Y_G = \frac{P \cdot y}{D} = \frac{80t \cdot 6m}{10000t} = 0.048m$

COMMENTO. Ormai sono fuori dai “giochi” che si consumano nella, diciamo così, didattica degli **ex-NAUTICI** (ho usato caratteri maiuscoli in onore dei loro anni gloriosi del passato, anche per l’alta risonanza che alcuni di essi ebbero in tutto il mondo). Ed è proprio per questo mio, ormai, disinteresse sui temi didattici e sui quesiti di esame che non ero a conoscenza del fatto che la Teoria della Nave (materia nobile) fosse diventata oggetto dei quesiti d’esame di Stato. Pertanto ho voluto svolgere solo il problema di T.N. del 2010 (in onore del mio grande amico e maestro Giuseppe Sorrentino).

Il problema era alla portata degli allievi che avessero capito bene i concetti basilari di questa materia.

Verso la fine degli anni ottanta, per un errore del Ministero, fui nominato commissario di Costruzione Navale e Teoria della Nave al Nautico San Giorgio di Genova. Andai subito dal Provveditore che mi conosceva bene e gli feci constatare l’errore; mi disse bonariamente “butta la spugna?” Mi sentii ferito nell’onore ed allora accettai l’incarico, ma prima andai alla facoltà di Ingegneria Navale a prendere alcuni libri che studiai in *tour de force* per prepararmi all’esame; gli argomenti che più mi interessarono furono i calcoli delle carene diritte e quelli delle carene inclinate. Per quanto riguardò la costruzione non ebbi nessuna difficoltà perché, a suo tempo, studiai sul trittico dello Spinelli (libri che imprestai che, purtroppo, non fecero ritorno). E’ una mia peculiarità quella di imprestare i libri.

► Tornando al problema in oggetto mi viene la voglia di fare alcune ulteriori considerazioni.

Per i problemi riguardanti le navi nelle diverse condizioni di carico e di equilibrio, si utilizzano i diagrammi delle carene diritte che, come tutti sanno, consiste in un diagramma che riporta gli elementi geometrici e meccanici delle carene diritte di ciascuna nave (documento rilasciato dal cantiere che l’ha costruita).

Ogni nave quindi dovrebbe essere fornita almeno di un estratto di questo diagramma nel quale sono escluse, dall’originale, le curve non necessarie alla esplicazione del mandato del Capitano.

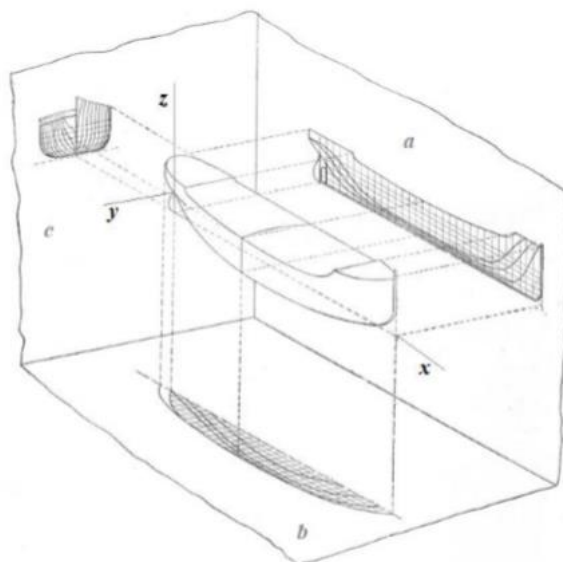
E’ risaputo che in questo diagramma non si possono determinare le coordinate del baricentro della nave perché non dipendono dall’immersione media ma dai pesi imbarcati e soprattutto dalla loro distribuzione a bordo. Proprio per questo motivo viene determinato il valore di  $a$  (distanza tra il centro di carena e il baricentro) mediante la *prova di stabilità*. Desunta dal diagramma delle carene diritte l’altezza del centro di carena  $Z_C$ , mediante il valore di  $a$  determinato con la prova di stabilità, si ottiene

$$Z_G = Z_C + a .$$

Penso che nella prova di stabilità si sia posizionato lo scafo a ponti perfettamente orizzontali ovvero con nessuna variazione di assetto sia longitudinale che trasversale e quindi le coordinate del baricentro, in quella circostanza sarebbero

$$G(X_G; 0; Z_C + a),$$

avendo scelto gli assi di riferimento come appare nella seguente figura



Si potrebbe, in riferimento alla scelta del sistema di assi, supporre che il valore dell'ascissa sia uguale a  $\frac{L}{2}$  o, comunque, non lontano da esso ?

Oggi, in virtù dei software si possono costruire **programmi** che, utilizzando il teorema di Varignon, immediatamente porgano le coordinate del baricentro  $G$ , nelle più svariate caricazioni.

Pertanto sapendo le coordinate del baricentro

$$G(X_G; Y_G; Z_G)$$

desunto dalla prova di stabilità, si possono determinare le coordinate del baricentro dopo aver caricato  $p_i$  pesi con  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ :

$$X_{G'} = \frac{D \cdot X_G + \sum_1^n p_i \cdot x_i}{D + \sum_1^n p_i}; \quad Y_{G'} = \frac{D \cdot Y_G + \sum_1^n p_i \cdot y_i}{D + \sum_1^n p_i}; \quad Z_{G'} = \frac{D \cdot Z_G + \sum_1^n p_i \cdot z_i}{D + \sum_1^n p_i}.$$

Si continua ad usufruire del predetto programma in tutte le successive differenti situazioni di imbarco e sbarco.

► In definitiva vengono determinate le coordinate del baricentro in cantiere e successivamente dopo l'allestimento.

E quando viene consegnata la nave, il problema è del comandante o del suo staff che potrà utilizzare programmi informatici adeguati. Credo che anche le navi passeggeri debbano essere dotate di questi documenti.

■ A proposito di queste ultime non condivido assolutamente l'aumento demenziale della loro stazza; navi che, oltre ad essere sgradevoli dal punto di vista estetico, imbarcano troppi passeggeri e credo che le norme internazionali dovrebbero stabilirne dei limiti.

Ho avuto la fortuna di navigare sul Colombo e sull'Augustus nel periodo delle *navi di linea*: che belle navi!

Forse sono romantico ma preferivo gli scafi di quei tempi; in essi si respirava la vera aria del marittimo.

Ricordo piacevolmente (anche se tutti i passeggeri erano rintanati in cabina) il forte beccheggio dovuto a mare lungo; la prua si immergeva completamente e in un certo istante sembrava che avesse toccato il fondo a causa di un colpo sordo che giungeva all'orecchio; era invece l'istante in cui il momento di stabilità longitudinale vinceva quello appruante e la prua riemergeva in tutta la sua magnificenza e dalla tolda cadeva in mare una bellissima cascata.

Ultima mia osservazione: perché si continua ad utilizzare il simbolo *ton* in uso dei paesi anglosassoni a fronte del simbolo *t* ? Infatti dall'enciclopedia della matematica si legge:

**tonnellata** unità di misura (in simbolo *t*) della massa pari a  $10^6$  grammi o a  $10^3$  chilogrammi, vale a dire 1000 chilogrammi.