

## Elementi di cinematica

*Le poche nozioni di cinematica di questo capitolo sono sufficienti a poter bene operare in presenza di altre navi, specialmente in tempo di nebbia; in questo caso occorre avere informazioni radar.*

*Importanti risultano i problemi della collisione e dell'intercettazione, strettamente legati, tanto discussi nelle varie marinerie e qui esposti in modo molto succinto.*

*Le risoluzioni di alcuni problemi, riportate a fine trattazione, sicuramente risulteranno gradite al lettore.*

### 3.1 Generalità

Stando su un mobile, gli oggetti esterni sembrano animati da un moto uguale ed opposto al nostro se fissi (o fermi), da moti differenti dai loro moti reali se in moto; il nostro mobile, infine, sembra fermo; ciò in uno spazio sia a due che a tre dimensioni.

Questa percezione si realizza applicando alla quiete degli oggetti fissi (o fermi) ed ai moti di quelli mobili, compreso il nostro, un moto uguale e contrario a quello da noi posseduto.

Si considerino per semplicità moti rettilinei ed uniformi in uno spazio a due dimensioni (fig.3.1) e rappresentino, in un dato istante, i punti  $O_1$ ,  $O_2$  ed  $O_3$  rispettivamente la posizione del nostro mobile  $M_1$ , caratterizzata dal moto  $V_1$ , quella del mobile  $M_2$ , avente moto  $V_2$ , e quella dell'oggetto fisso P.

Applicando nei punti  $O_1$ ,  $O_2$  ed  $O_3$  un vettore uguale e contrario a  $V_1$  (fig.3.2), si ottiene quale risultato la quiete del nostro mobile, il moto di  $M_2$  secondo la risultante dei vettori  $-V_1$  e  $V_2$  ed il punto P animato da moto uguale ed opposto al nostro.

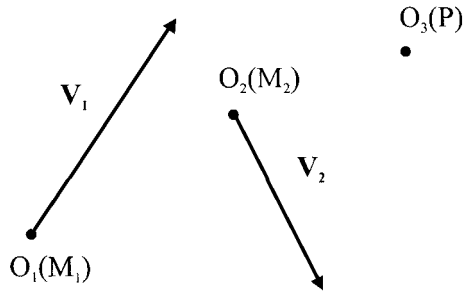


Figura 3.1

Entrambi questi moti diconsi *moti relativi od apparenti* rispetto al nostro e le rispettive traiettorie  $O_2s$  ed  $O_3t$  vengono denominate *indicatrici di moto relativo* o di *moto apparente*.

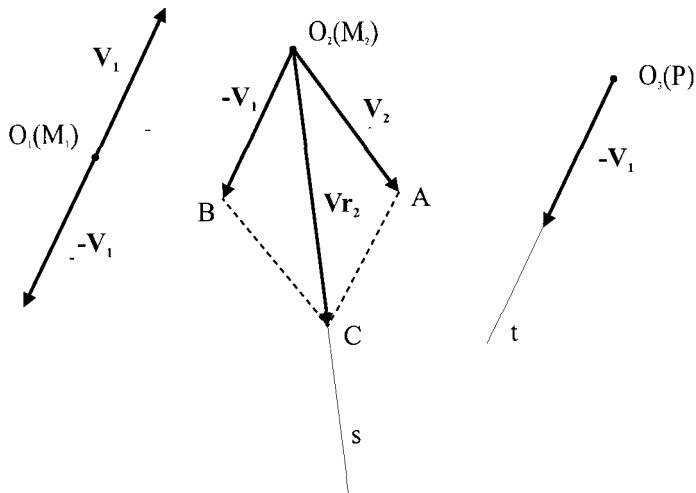


Figura 3.2

Dal parallelogramma  $O_2ACB$  si ha:

$$V_{r2} = V_2 - V_1 \text{ ed ancora } V_{r2} + V_1 = V_2 \quad (3.1)$$

relazione del moto relativo del mobile  $M_2$  rispetto al mobile  $M_1$ , moto *del tutto indipendente dalla loro distanza*.

Se  $M_2$  è fermo, caso dell'oggetto P, essendo  $V_2 = 0$ , la (3.1) diventa:

$$\mathbf{V}_{r_2} = -\mathbf{V}_1$$

Dalla fig.3.2 si nota che per ottenere il moto relativo del mobile  $M_2$  rispetto al mobile  $M_1$ , precedentemente considerato quale nostro mobile, basta tracciare da un punto (punto O in fig.3.3) i due vettori orientati  $\mathbf{V}_1$  e  $\mathbf{V}_2$ ; la chiusura del triangolo avente per lati questi due vettori rappresenta il vettore  $\mathbf{V}_{r_2}$ , con la cuspidè rivolta verso quella del vettore  $\mathbf{V}_2$ .

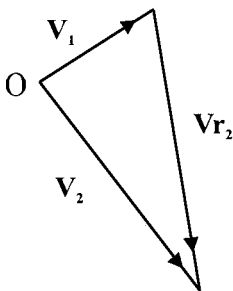


Figura 3.3

Se la cuspidè di  $\mathbf{V}_r$  è rivolta verso quella del vettore  $\mathbf{V}_1$  si ottiene il moto relativo del mobile  $M_1$  rispetto a  $M_2$  ( $\mathbf{V}_{r_1}$ ). Nella nostra Marina Militare i due vettori  $\mathbf{V}_1$  e  $\mathbf{V}_2$  rappresentano rispettivamente i moti reali di una unità nazionale e di una nemica; gli operatori addetti ai problemi di cinematica, per ricordare che le cuspidi di  $\mathbf{V}_2$  e  $\mathbf{V}_{r_2}$  debbono toccarsi, sono soliti ripetere:

« Veronica (vettore  $\mathbf{V}_{r_2}$ ) bacia Vanda (vettore  $\mathbf{V}_2$ ) »

E' col triangolo di fig.3.3, noto quale *triangolo delle velocità*, che vengono risolti tutti i problemi di cinematica; questo degenera in un segmento quando i moti dei due mobili sono concordi od opposti e quando uno dei due è fermo.

### 3.2 Moto relativo

Rappresentino (fig.3.4) A e B le posizioni all'istante  $t = 0$  dei due mobili  $M_1$  ed  $M_2$ , due navi per esempio, i cui moti sono rispettivamente definiti da  $\mathbf{V}_1$  e  $\mathbf{V}_2$ .

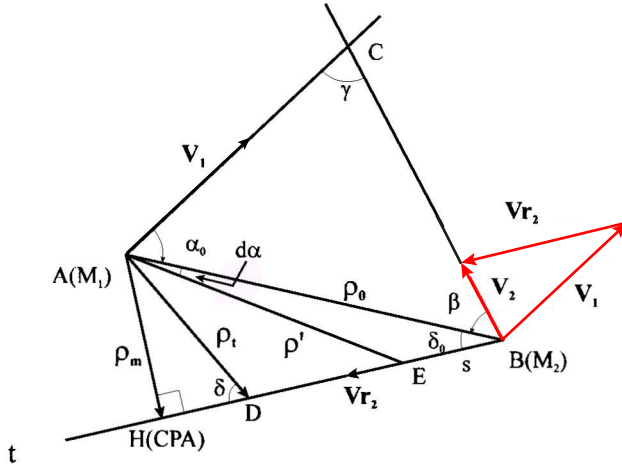


Figura 3.4

Il vettore  $\rho_t$  che fornisce nel tempo la posizione del mobile  $M_2$  rispetto ad  $M_1$  ha per modulo:

$$\rho_t = \sqrt{\rho_0^2 + V_{r_2}^2 t^2 - 2\rho_0 V_{r_2} t \cos \delta_0} \quad (3.2)$$

ricavato dal triangolo ABD, applicando la relazione di Carnot. E' la cuspidi del vettore  $\rho_t$  ad indicare all'istante  $t$  la posizione del mobile  $M_2$  in moto relativo rispetto al mobile  $M_1$ .

Nella (3.2)  $\rho_0$  rappresenta il modulo del vettore  $\rho_0$  all'istante  $t = 0$ ;  $\delta_0$  indica l'angolo nel punto B tra l'estremità del vettore  $\rho_0$  e l'indicatrice del moto relativo di  $M_2$  rispetto a  $M_1$ , rappresentata dalla semiretta  $B_t$ .

Quel particolare valore di  $t$  che rende minima la (3.2) rappresenta l'intervallo di tempo  $\tau$  occorrente per il passaggio dei due mobili alla minima distanza  $\rho_m$  (time of closest approach); il punto di passaggio alla minima distanza  $\rho_m$  (miss distance) viene indicato con la sigla CPA (closest point of approach); se  $\rho_m = 0$  si avrà l'incontro dei due mobili ed il corrispondente  $\tau$  viene indicato  $\tau_c$  (time of collision).

Ricordando la tecnica della ricerca del minimo e del massimo, si ponga:

$$\begin{aligned} \rho_t^2 &= y & y &= \rho_0^2 + V_{r_2}^2 t^2 - 2\rho_0 V_{r_2} t \cos \delta_0 \\ & & y' &= 2V_{r_2}^2 t - 2\rho_0 V_{r_2} \cos \delta_0 \\ & & y'' &= 2V_{r_2}^2 \end{aligned}$$

Uguagliando  $y'$  a 0 si ha:

$$t = \tau = \frac{\rho_0 \cos \delta_0}{V_{r_2}} \quad (3.3)$$

espressione che sostituita nella (3.2) permette di ottenere:

$$\rho_m = \rho_0 \operatorname{sen} \delta_0 \quad (3.4)$$

Le (3.3) e (3.4) possono essere facilmente ricavate dal triangolo ABH.

Il vettore  $\rho$  è detto linea di vista (target's direction of sight line); esso ruota in senso orario se  $M_1$  sarà in C, punto d'intersezione delle traiettorie dei due mobili, prima di  $M_2$ ; in senso antiorario se sarà  $M_2$  a passare per prima per il punto C.

Dal triangolo ABE della citata fig.3.4 si ricava:

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{s}{\rho'} \operatorname{sen} \delta_0$$

con  $d\alpha$  una piccola variazione del rilevamento  $\alpha$ , alla quale corrisponde il trattino  $s$  di percorso relativo effettuato dal mobile  $M_2$ .

Per la (3.4) la relazione testè scritta diventa:

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{\rho_m}{\rho' \rho_0} s$$

ed ancora, ponendo  $\operatorname{sen} \alpha = d\alpha$  (in radianti) e  $\rho' \rho_0 = \rho_0^2$ :

$$d\alpha = \frac{\rho_m}{\rho_0^2} s$$

In generale:

$$d\alpha = \frac{\rho_m}{\rho^2} s \quad (3.5)$$

relazione valida sia per la variazione del rilevamento polare del mobile  $M_2$  che del mobile  $M_1$ : variazione inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra i due mobili. Un doveroso chiarimento: il modulo del vettore  $\rho_t$  indica la effettiva distanza tra i due mobili all'istante  $t$ .

Per essere  $\rho_m = 0$  dev'essere  $\delta = \pi$ : i due vettori  $\mathbf{p}$  e  $\mathbf{Vr}_2$  risulteranno continuamente collineari ed opposti.

La fig.3.5 contempla questo caso: all'istante  $t = 0$  il mobile  $M_1$  si trova nel punto A e segue con velocità  $\mathbf{V}_1$  la rotta  $At_1$  ed il mobile  $M_2$  dal punto B segue la rotta  $Bt_2$  con velocità  $\mathbf{V}_2$ .

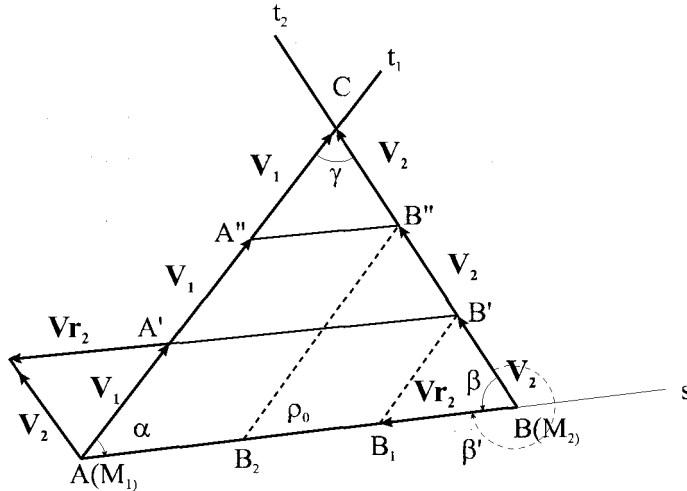


Figura 3.5

Dalla figura, che prevede l'incontro dopo tre ore nel punto C, si nota che le congiungenti i due mobili danno luogo nel tempo ad un fascio di rette parallele e che la linea di vista del mobile  $M_2$ , rispetto al mobile  $M_1$  supposto fermo, indicata dalla semiretta  $As$ , non subisce rotazione; su questa i punti  $B, B_1, B_2$  rappresentano le posizioni relative del mobile  $M_2$  agli istanti  $t = 0 = 1^h = 2^h$ . Va chiarito: all'istante  $t = 1^h$  il mobile  $M_1$  si troverà in  $A'$  ed il mobile  $M_2$  in  $B'$ ; all'istante  $t = 2^h$  i due mobili si troveranno rispettivamente in  $A''$  e  $B''$ . Si ha:

$$\alpha_i = \text{costante} \quad \beta_i = \text{costante} \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n)$$

ed ancora:

$$\frac{d\alpha}{dt} = 0 \quad \frac{d\beta}{dt} = 0 \quad \frac{d\rho}{dt} = \text{costante} \quad \frac{d^2\rho}{dt^2} = 0$$

di qui la condizione per l'incontro: costanza dei rilevamenti polari e dell'orientamento della linea di vista.

Dal triangolo ABC della citata figura 3.5 si ricava:

$$\frac{AC}{BC} = \frac{V_1}{V_2} \quad (3.6)$$

condizione anche questa valida per l'incontro: il rapporto tra le due distanze fino all'incontro dev'essere uguale al rapporto tra le rispettive velocità.

Dallo stesso triangolo si ha:

$$\frac{AC}{\text{sen}\beta} = \frac{BC}{\text{sen}\alpha} = \frac{AB}{\text{sen}\gamma}$$

per cui la (3.6) può essere così scritta:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\text{sen}\beta}{\text{sen}\alpha}$$

ed ancora:

$$V_1 \text{sen}\alpha - V_2 \text{sen}\beta = 0 \quad (3.7)$$

relazione nota quale *equazione dell'incontro* (o *della collisione*); esprimendo i rilevamenti polari circolarmente e contati nel senso orario la (3.7) viene così scritta:

$$V_1 \text{sen}\alpha + V_2 \text{sen}\beta' = 0 \quad (3.7')$$

con  $\beta' = 360^\circ - \beta$ .

Sempre dalla fig.3.5 si nota che la rotta vera per andare dal punto A al punto B rappresenta la rotta del moto relativo del mobile  $M_1$  rispetto al mobile  $M_2$  e che la rotta vera opposta rappresenta la rotta del moto relativo del mobile  $M_2$  rispetto al mobile  $M_1$  e che l'angolo  $\gamma$ , definito dall'incontro delle due traiettorie, risulta essere la differenza tra le rotte dei due mobili.

### 3.3 Determinazione dei moti relativo e reale di un mobile rilevato

I moti fin qui trattati sono stati considerati orizzontali, rettilinei ed uniformi e lo stesso saranno considerati nel proseguimento di questi cenni di cinematica. Inoltre,

nelle accostate si supporrà che i mobili ruotino intorno alla loro verticale baricentrica e che sia istantaneo il passaggio da una data velocità ad un'altra.

Tanto premesso, per la determinazione del moto relativo del mobile  $M_2$  rispetto al mobile  $M_1$  (due navi, nel nostro caso), basta conoscere rilevamento e distanza del primo rispetto al secondo per due istanti intervallati di alcuni minuti. I rilevamenti possono essere riferiti sia alla linea meridiana che alla direzione della prua.

Utilizzando un'opportuna scala per la misura delle distanze, si riportino su un foglio le due posizioni del mobile  $M_2$  rispetto ad un punto che rappresenta il mobile  $M_1$  supposto fermo. La retta passante per queste due posizioni rappresenta l'indicatrice del moto relativo del mobile  $M_2$  rispetto al mobile  $M_1$ , il cui verso viene individuato dalla seconda posizione di  $M_2$  rispetto alla prima ed il segmento limitato dalle due posizioni rappresenta il percorso relativo, dal quale si ottiene il modulo della velocità relativa.

Del triangolo delle velocità sono pertanto noti due lati,  $V_1$  e  $V_{r2}$ ; il terzo definirà il moto reale del mobile  $M_2$  ( $V_2$ ); per la costruzione del triangolo può essere utilizzata la stessa scala assunta per la misura delle distanze oppure una scala diversa.

Le operazioni grafiche testè descritte sono note sotto la denominazione anglosassone di *plotting*.

Secondo la terminologia e la simbologia degli Anglosassoni, accettate da molte marine, la nave  $M_1$ , quella da cui si rileva, è detta *own ship* ed indicata con la lettera O; la nave  $M_2$ , quella rilevata, viene denominata *target* (bersaglio) ed indicata con la lettera T. Con la lettera B, iniziale di *bearing*, viene indicato il rilevamento polare del bersaglio e con la lettera A, iniziale di *aspect*, il suo aspetto.

### 3.4 Rappresentazione radar con schermo PPI (Plan Position Indicator)

La rappresentazione radar più comune con schermo PPI fornisce di un bersaglio rilevamento e distanza. La nave che rileva (*own ship*) è sempre al centro dello schermo; tutte le posizioni delle altre navi sono posizioni relative rispetto ad essa e le traiettorie da queste descritte rappresentano le indicatrici dei loro moti relativi.

Due battute radar di una di queste navi sono sufficienti, come già detto, a determinare sia il suo moto relativo che vero; inoltre, seguendo la sua indicatrice di moto, si ha subito l'informazione sul CPA.

Sul bordo dello schermo è incisa una graduazione con lo zero indicante la direzione della prua. Uno speciale disco di plastica, che ruota intorno al centro dello schermo, presenta varie corde parallele di cui una è diametro, detto *diametro indice*. Un'apposita manopola fa ruotare il disco in modo da sovrapporre il detto diametro



sull'eco del bersaglio, permettendo la lettura del rilevamento. Le distanze vengono misurate a mezzo di marche circolari fisse (selezionate da un'apposita scala) e di una marca mobile.

E' questa la prima rappresentazione delle case costruttrici; essa offre all'osservatore una visione elettronica identica a quella che si presenta alla sua vista dal ponte di comando. I bersagli sono soggetti ad una rotazione sullo schermo ad ogni pur piccolo cambiamento del loro moto o di quello della nave che rileva.

Per tutte le altre versioni dello schermo radar si rimanda al volume IV, *Strumenti ed apparati per la navigazione marittima*.

L'operazione di *plotting* può essere eseguita direttamente sullo schermo del radar se munito del *plotter*, una speciale superficie trasparente lenticolare dello stesso diametro dello schermo sul quale viene fissata. Su questo plotter i problemi di cinematica vengono risolti mediante matite grasse senza commettere errori di parallasse, ottenendo risultati con un'approssimazione ben sufficiente per le manovre di evasione e di anticollisione.

Risultati più precisi possono ottenersi sia operando su un semplice foglio di carta, come già indicato, che su uno speciale *rapportatore diagramma* (*maneuvering board* o *plotting sheet*). Nella marineria italiana vengono in prevalenza utilizzati sia i rapportatori diagramma (RD) editi dall'Istituto Idrografico della Marina Militare che quelli dell'Ufficio Idrografico Americano.

Il rapportatore diagramma identifica lo schermo PPI del radar, in quanto presenta delle circonferenze concentriche per la misura delle velocità e delle distanze mediante opportune scale e delle direzioni radiali per i rilevamenti; infine, una scala logaritmica permette la risoluzione della formula  $s = vt$ .

Il triangolo delle velocità viene costruito sempre al centro del diagramma, dal quale hanno origine i vettori velocità della nave che rileva e di quella rilevata (nave bersaglio); il vettore velocità relativa di quest'ultima completa il triangolo nel modo precedentemente esposto.

### 3.5 Il problema della collisione

Il problema della collisione ha sempre interessato l'uomo di mare, ma in questi ultimi tempi ha assunto un'importanza eccezionale dato il grande numero di navi che solcano i mari. A tutti, poi, è noto l'intenso traffico in ben note zone di mare del pianeta. Di qui, la necessità di attenersi a delle norme internazionali, onde evitare situazioni di possibile o di certo pericolo.

Oltre un secolo fa, nel lontano 1889, si tenne a Washington, su invito del Presidente degli Stati Uniti, una conferenza internazionale per dar vita ad un regolamento per evitare gli abbordi in mare. Emendamenti a questo regolamento furono ap-

portati nelle conferenze successive, tenutesi tutte a Londra negli anni 1929, 1948, 1960, 1972, ed oltre. In quella del 1948, e specialmente nelle successive, tenne banco l'uso del radar, date le statistiche fortemente negative circa il suo uso quale strumento anticollisione.

Nel 1960 fu raccomandato lo studio e la sperimentazione di speciali *diagrammi di manovra*, da utilizzare a bordo per la scelta della manovra evasiva più opportuna e sicura, sia per evitare la collisione che per allontanare il CPA, quando la minima distanza ( $\rho_m = \text{miss distance}$ ) fosse ritenuta insufficiente per un sicuro avvicinamento delle navi.

Una menzione meritano i diagrammi proposti da E.S.Calvert (1960), da S.H.Hollingale (1961) e da K.Hasegawa (1973), che prevedevano la cooperazione di entrambe le navi. Tutti hanno avuto poca fortuna per varie ragioni: scetticismo da parte degli ufficiali di bordo, alcune loro discordanze col regolamento per evitare gli abbordi in mare, introduzione sul ponte di sistemi di plotting, prima semiautomatici e poi del tutto automatici, (gli apparati anticollisione, vedi vol.IV).

La figura 3.6 considera il moto relativo della nave B rispetto alla nave A, la cui rotta è definita dalla traiettoria Aa. Se il moto relativo avviene secondo l'indicatrice Bb<sub>1</sub>, la nave B passerà di prua alla nave A nel punto H<sub>1</sub> ed alla minima distanza dalla stessa nel punto K<sub>1</sub>.

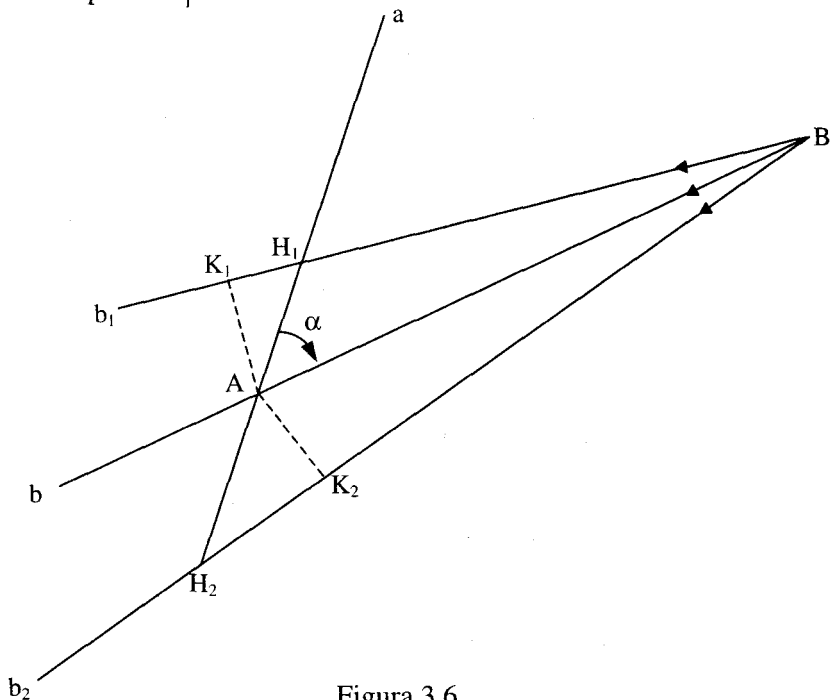


Figura 3.6

Con l'indicatrice di moto  $Bb$  si è in rotta di collisione; infine, l'indicatrice di moto  $Bb_2$  indica che la nave B passerà alla minima distanza dalla nave A nel punto  $K_2$  e di poppa alla stessa nel punto  $H_2$ .

Considerando inalterati i moti reali delle due navi, resterà immutata la configurazione della figura, per cui sono da vagliare per la nave A tutte e tre le indicatrici di moto: la  $Bb_1$  e la  $Bb_2$  per evitare un avvicinamento pericoloso e la  $Bb$  per evitare la sicura collisione.

In caso di CPA molto vicino, con passaggio del bersaglio sia di prua che di poppa, dalla nave A occorre procedere ad una variazione di moto per aumentare la sua zona di sicurezza.

Circa, poi, la seconda indicatrice di moto relativo, la  $Bb$ , spetta alla nave A, secondo il regolamento per evitare gli abbordi in mare, evitare la collisione, dato che la nave B viene rilevata alla sua dritta. La manovra dovrà essere eseguita a tempo giusto e con chiarezza. Il regolamento non prescrive la manovra da eseguire, ma impone di non passare di prua alla nave B, che non deve alterare il suo moto. Solamente di fronte ad un pericolo certo ed immediato, è richiesta la collaborazione di quest'ultima, onde ridurre al minimo (o anche annullare) gli effetti della collisione.

### 3.6 Il problema dell'intercettazione

Per la risoluzione di questo problema, che qui ovviamente viene considerato nel caso della navigazione marittima, occorre definire l'indicatrice del moto relativo della nave da raggiungere rispetto all'altra durante la fase d'intercettazione; questa indicatrice permetterà di determinare con estrema facilità il moto della nave intercettante.

Con le due navi a modesta distanza il problema può essere risolto sulla carta nautica o anche sul rapportatore diagramma.

I punti A e B rappresentano, fig.3.7, in un dato istante rispettivamente le posizioni sulla carta nautica delle due navi  $N_1$  e  $N_2$ ; la nave  $N_1$  dal punto A vuol dirigere in modo da intercettare con velocità  $V_1$  (spesso la massima possibile) la nave  $N_2$ , che dal punto B segue la rotta  $Bb$  con velocità  $V_2$ .

L'indicatrice del moto relativo della nave  $N_2$  rispetto alla nave  $N_1$  durante la fase d'intercettazione è data dalla rotta vera che dal punto B porta al punto A. Pertanto, fissata una scala per le velocità, si traccia dal punto A il vettore  $V_2$  e per il suo estremo C la retta  $t$  parallela alla congiungente B-A; con apertura di compasso uguale al modulo di  $V_1$ , centro nel punto A, s'interseca la retta  $t$  nel punto D, completando così il triangolo delle velocità.

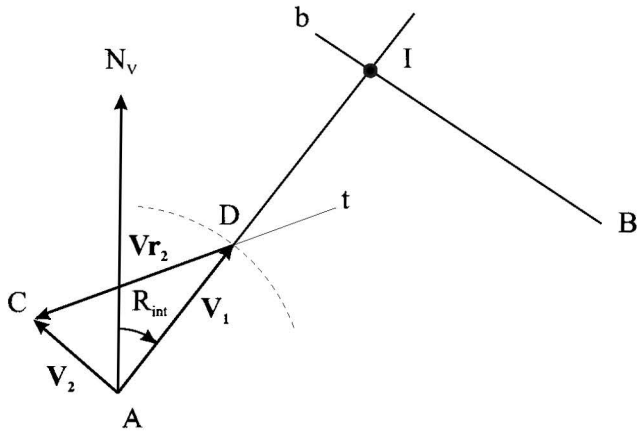


Figura 3.7

L'angolo che il vettore  $V_1$  forma con la linea meridiana passante per il punto A rappresenta la rotta d'intercettazione che dovrà seguire la nave  $N_1$ . Nel costruire il triangolo delle velocità ACD occorre tener bene presente che la cuspidè del vettore velocità relativa della nave  $N_2$  deve toccare quella del vettore velocità reale della stessa. Oltre a rilevare dalla carta le coordinate del punto di incontro I, è possibile ottenere anche l'intervallo occorrente per l'incontro, dato da:

$$\Delta t = \frac{AI}{V_1} = \frac{BI}{V_2} = \frac{AB}{V_{r2}}$$

Si può dare al problema una risoluzione più analitica, riducendo la parte grafica al solo triangolo delle velocità, specialmente quando i due punti A e B sono a grande distanza.

Cronologicamente occorre per prima calcolare la rotta vera e la distanza (navigazione lossodromica) tra il punto B ed il punto A, considerando il punto B quale punto di partenza; la rotta ottenuta definisce l'indicatrice del moto relativo della nave  $N_2$  durante la fase d'intercettazione. Si procede, poi, alla costruzione del triangolo delle velocità, come prima indicato, per ottenere la rotta d'intercettazione, essendo noti il vettore  $V_2$ , il modulo del vettore  $V_1$  e l'orientamento del vettore  $V_{r2}$ . Dividendo poi la distanza calcolata  $m$  tra i punti A e B per il modulo del vettore  $V_{r2}$ , si ottiene l'intervallo di tempo occorrente per l'intercettazione:

$$\Delta t = \frac{m}{V_{r2}}$$

Nota quest'intervallo, riesce semplice la determinazione delle coordinate del punto di incontro. Basta risolvere il problema lossodromico relativo al calcolo delle coordinate del punto di arrivo, note quelle di partenze, la rotta vera seguita ed il percorso effettuato; si può partire sia dal punto A che dal punto B.

### 3.7 Risoluzione di alcuni esercizi

Non sembra superfluo riportare le soluzioni di alcuni esercizi di cinematica

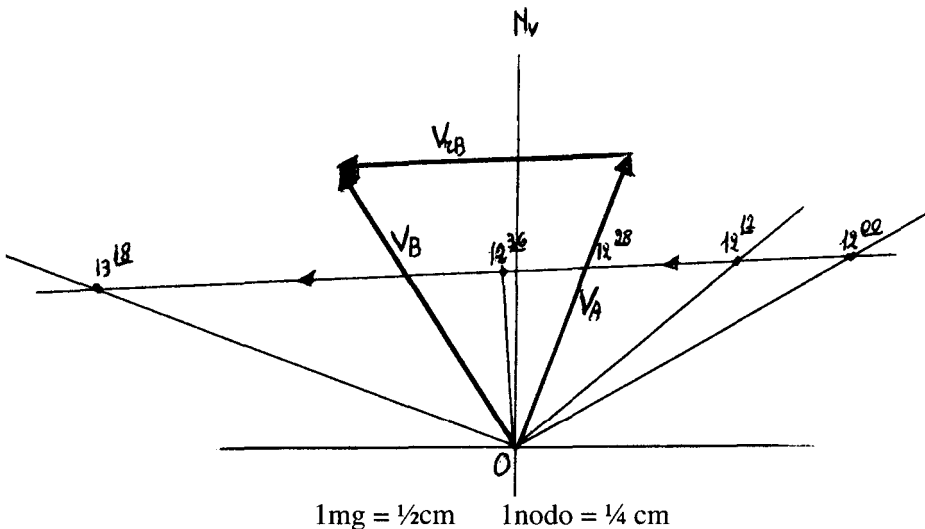
#### Esercizio n.1

Dalla nave A, in moto con  $Rv = 20^\circ$  e  $V = 20$  nodi, si rileva la nave B per:

Rilv = $60^\circ$	d = 12mg	alle $t_0 = 12^h 00^m$
Rilv = $50^\circ$	d = 9mg	alle $t_0 = 12^h 12^m$

Determinare:

- i moti, relativo e reale, della nave B;
- la distanza e l'istante al passaggio della nave B di prua alla nave A;
- la minima distanza alla quale passeranno le due navi ed il relativo istante;
- la distanza alla quale la nave B passerà al traverso della nave A ed il relativo istante.



Risultati:

- $Rr_B = 266^\circ$     $Vr_B = 18$  nodi       $Rv_B = 327^\circ$     $V_B = 21$  nodi
- $d = 6$ mg                       $t_0 = 12^h 28^m$
- $d = 5.5$ mg                     $t_0 = 12^h 36^m$
- $d = 14$ mg                       $t_0 = 13^h 18^m$

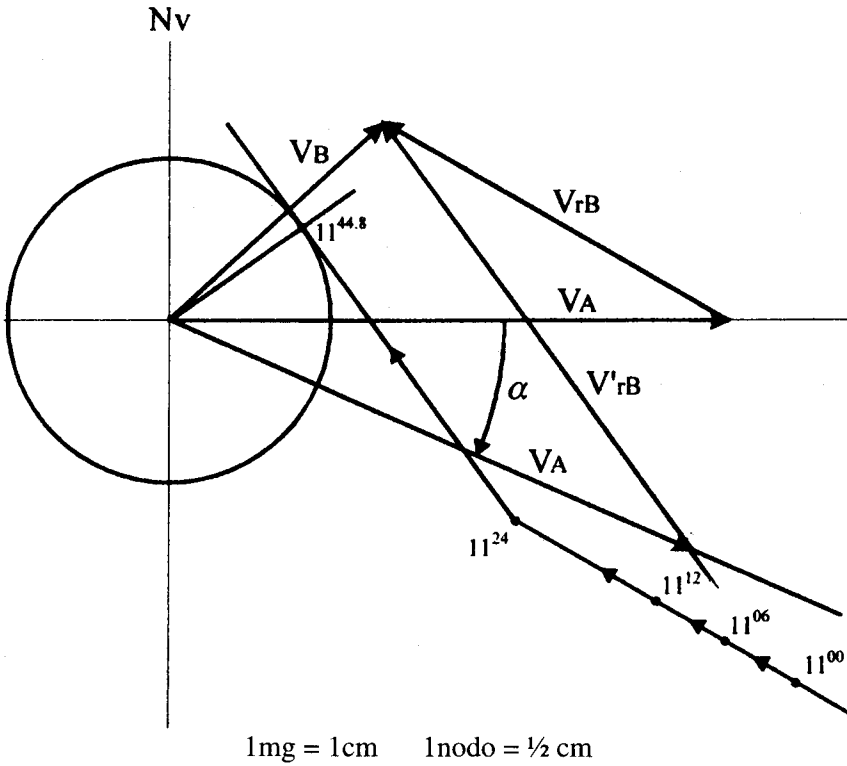
### *Esercizio n.2*

Con nebbia, dalla nave A che naviga per Est con velocità di 14 nodi si rileva al radar la nave B per:

$\rho = 30^\circ$ sulla dritta	$d = 9$ mg	alle $t_0 = 11^h 00^m$
$\rho = 30^\circ$ sulla dritta	$d = 8$ mg	alle $t_0 = 11^h 06^m$
$\rho = 30^\circ$ sulla dritta	$d = 7$ mg	alle $t_0 = 11^h 12^m$

Dalla nave A, in obbligo di manovrare per evitare la collisione, si decide di accostare a dritta, senza variare la velocità, quando si è alla distanza di 5mg dalla nave B, in modo da passare alla minima distanza di 2mg da questa. Considerando inalterato il moto della nave B, determinare:

- i moti, relativo e reale, della nave B;
- l'angolo di accostata;
- il nuovo moto relativo della nave B;
- l'istante del passaggio alla minima distanza;
- il rilevamento polare secondo il quale verrà vista la nave B al passaggio alla minima distanza dalla nave A.



Risultati:

- $R_{rB} = 300^\circ$      $V_{rB} = 10$  nodi             $R_{VB} = 48^\circ$      $V_B = 7.2$  nodi
- $\alpha = 23^\circ.5$
- $R'_{rB} = 324^\circ$      $V'_{rB} = 13$  nodi
- $t_0 = 11^h 44^m.8$
- $\rho = 59^\circ$  sulla sinistra

### Esercizio n°3

Dalla nave A, in moto con  $Rv = 60^\circ$  e  $v = 16$  nodi, alle  $t_f = 10^h 30^m$  del 20/12/2000, nella posizione:  $\varphi = 40^\circ 10' N$ ,  $\lambda = 177^\circ 50' E$  si riceve il segnale di soccorso da parte della nave B, che dal punto di coordinate:  $\varphi = 44^\circ 20' N$ ,  $\lambda = 178^\circ 10' W$  dirige per  $Rv = 270^\circ$  e velocità ridotta di nodi 4.

Volendola raggiungere nel più breve tempo possibile con velocità di nodi 18, subito dopo aver ricevuto il segnale, determinare:

- la rotta d'intercettazione della nave A;
- le coordinate del punto d'incontro;
- l'istante dell'incontro, espresso in tempo fuso ed in tempo universale.

#### Risoluzione sull'ellissoide WGS-84

$$(a = 6378137m \quad e^2 = 0.00669438)$$

1) Determinazione della direttrice del moto relativo della nave B durante la fase d'intercettazione e della distanza tra le due navi (navigazione dalla nave B verso la nave A)

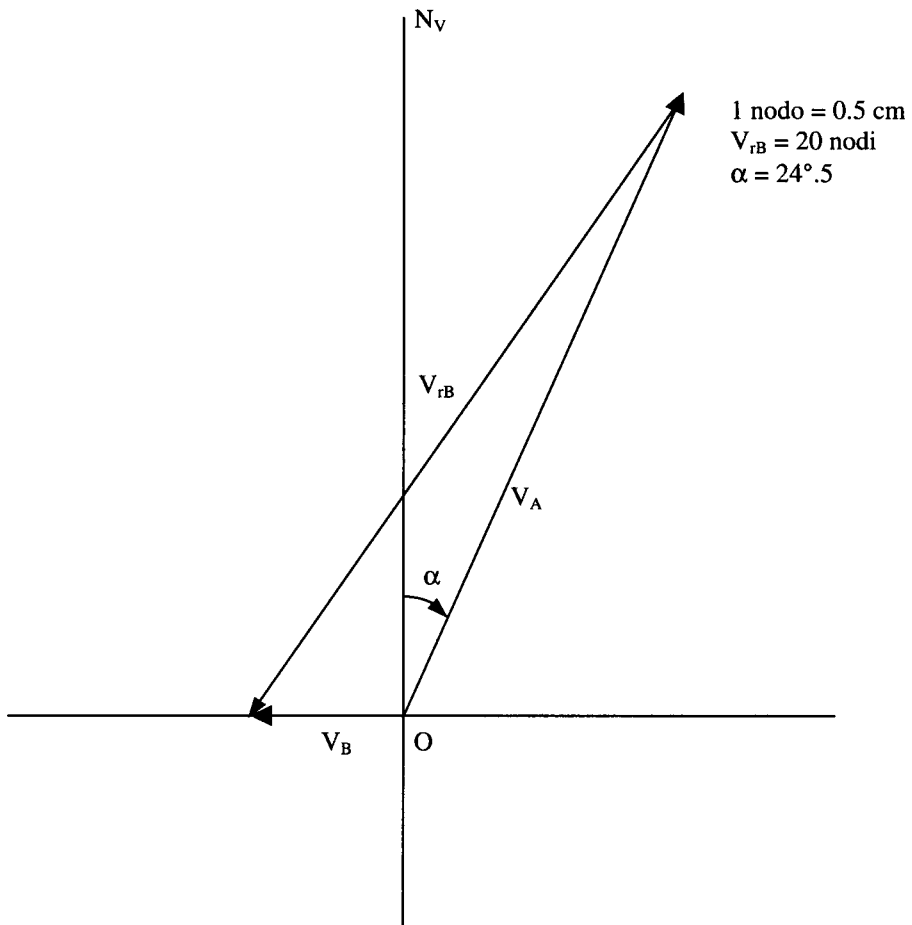
$$\begin{array}{ll} \lambda' = +177^\circ 50' & \varphi'_C = +2620'.9 \\ -\lambda = +178^\circ 10' & -\varphi_C = -2957'.6 \\ \Delta\lambda = +356^\circ 00' = -4^\circ & \Delta\varphi_C = -336'.7 \\ \Delta\lambda = -240' & \end{array}$$

$$\tan Rv = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi_C} \quad Rv = S35^\circ.48W \cong S35^\circ.5W \cong 215^\circ.5$$

$$\begin{array}{ll} M' = +2401.8 & \\ -M = -2651.7 & m = \Delta M \sec Rv \quad m = 306.9mg \\ \Delta M = -249.9mg & \end{array}$$



2) Determinazione grafica della rotta d'intercettazione e della velocità relativa della nave B dopo l'accostata della nave A.



3) Determinazione della durata della fase d'intercettazione

$$\Delta t = \frac{m}{V_{rB}} = 15^h.3445 = 15^h 20^m.7$$

Determinazione delle coordinate del punto d'incontro

a) seguendo il percorso della nave B ( $Rv = 270^\circ$   $m = 61.4mg$ )

$$r = \frac{a \cos \varphi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}} \quad r = 4569669.9m = 2467.4mg$$

$$\Delta\lambda = \frac{m_B}{r} \quad \Delta\lambda = 0.02488rad = 85'.5 = 1^\circ 25'.5W$$

$$\begin{array}{l} \lambda = -178^\circ 10' \\ + \Delta\lambda = - \quad 1^\circ 25'.5 \\ \lambda_I = -179^\circ 35'.5 \end{array} \quad \text{I} \left\{ \begin{array}{l} \varphi = 44^\circ 20'N \\ \lambda = 179^\circ 35'.5W \end{array} \right.$$

b) seguendo il percorso della nave A ( $Rv = 24^\circ.5$   $m = 276.2mg$ )

$$\Delta M = m \cos Rv \quad m = 251.3mg$$

$$\begin{array}{l} M = +2401.7 \\ + \Delta M = + \quad 251.3 \\ M' = +2653.0 \end{array} \quad \varphi_I = 44^\circ 21'.3N$$

$$\begin{array}{l} \varphi'_C = +2959'.4 \\ - \varphi_C = -2620'.9 \\ \Delta\varphi_C = + \quad 338'.5 \end{array}$$

$$\Delta\lambda = \Delta\varphi_C \tan Rv = 154^\circ.3 = 2^\circ 34'.3E$$

$$\begin{aligned}\lambda &= +177^{\circ}50' \\ +\Delta\lambda &= + 2^{\circ}34'.3 \\ \lambda_I &= +180^{\circ}24'.3 \\ \lambda_{I'} &= +179^{\circ}35'.7W\end{aligned}$$

$$I \begin{cases} \varphi = 44^{\circ}21'.3N \\ \lambda = 179^{\circ}35'.7 \end{cases}$$

#### 4) Determinazione dell'istante dell'incontro

$$\begin{aligned}tf &= 10^h 30^m \text{ del } 20/12/2000 \\ -\lambda f &= -12^h \\ TU &= 22^h 30^m \text{ del } 19/12/2000 \\ \Delta t &= 15^h 20^m.7 \\ TU_{inc} &= 13^h 50^m.7 \text{ del } 20/12/2000 \\ +\lambda f_{inc} &= -12^h \\ tf_{inc} &= 01^h 50^m.7 \text{ del } 20/12/2000\end{aligned}$$

## TESTI CONSULTATI

- 1) Nathaniel Bowditch - *American Practical Navigation* – Vol. I - Defence Mapping Agency Hydrographic Center.
- 2) *Admiralty Manual of Navigation* - Her Majesty's Stationery Office Navigation - London, 1977.
- 3) Giovanni Consolo – *Atti dell'Ente Gestione Istituto Osservatori Radar G. Marconi* - Genova, 1968.
- 4) Benedetto Ponza di S. Martino – *Cinematica Navale e Radar* – Edizioni Scientifiche - Genova, 1960.
- 5) Ferruccio Giametta – *Nozioni di Cinematica Radar* – Istituto Osservatori Radar-Bari, 1969.
- 6) R. Balestrieri, S. De Martinis – *Teoria della manovra anticollisione* – Edizioni Informazioni Marittime - Napoli, 1981.
- 7) Aniello Russo – *Lossodromia – Ortodromia - Cinematica Navale* – C.U.E.N.-Napoli, 1990