Sezione online del Capitolo A.12

MAREE E CORRENTI DI MAREA

Barche adagiate sul fondo a causa della bassa marea lungo le coste atlantiche francesi.

Indice:

1. TABELLA SULLE MAREE LUNISOLARI 2

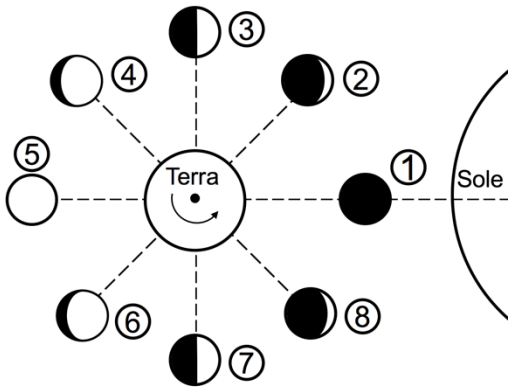
2. TEST A SCELTA MULTIPLA 6

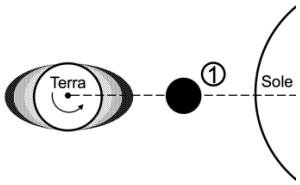
3. ESERCIZI 8

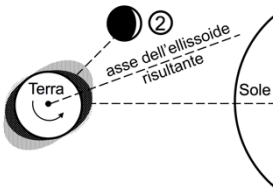
4. SOLUZIONI DEGLI ESERCIZI 12

5. SOLUZIONE DEI TEST A SCELTA MULTIPLA 14

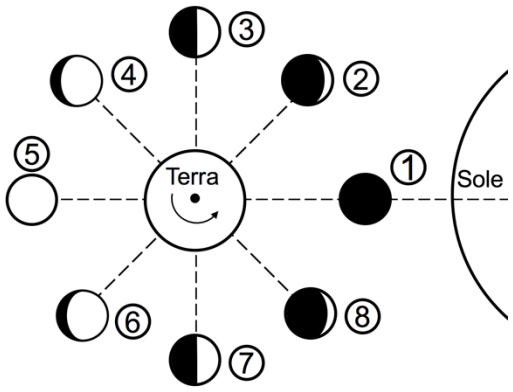
MAREE LUNISOLARI

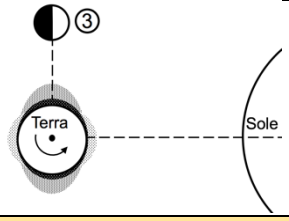


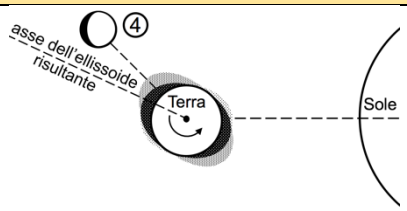
POSIZIONE 1		
FIGURA DI DETTAGLIO	DESCRIZIONE	
	L'ellissoide di marea solare (grigio chiaro) e quello lunare (grigio scuro) si amplificano a vicenda dando come risultante un ampio ellissoide di marea (nero). In questo caso si hanno sia le più alte alte maree sia le più basse basse maree, note come MAREE DI SIZIGIA (SPRING TIDES).	
QUANDO AVVIENE	FASE LUNARE come osservata	INEGUAGLIANZA DI FASE NELLE ORE
Nel giorno in cui la Luna è in congiunzione con il Sole.	Luna nuova	Essa è uguale a zero, la alta marea si verifica quando la Luna passa al meridiano superiore.

POSIZIONE 2		
FIGURA DI DETTAGLIO	DESCRIZIONE	
	L'ellissoide di marea solare (grigio chiaro) ha l'asse maggiore verso il Sole, quello lunare (grigio scuro) ha l'asse maggiore verso la Luna. Nei giorni intermedi tra il novilunio e il primo quarto l'ellissoide risultante (nero) ha l'asse maggiore disposto in modo tale che l'alta mare si verifichi in anticipo rispetto al passaggio della Luna al meridiano superiore.	
QUANDO AVVIENE	FASE LUNARE come osservata	INEGUAGLIANZA DI FASE NELLE ORE
Nei giorni intermedi tra la fase di Luna nuova (novilunio) e la fase del primo quarto.	Luna crescente	Essa è minore di zero, l'alta marea si verifica prima che la Luna passi al meridiano superiore.

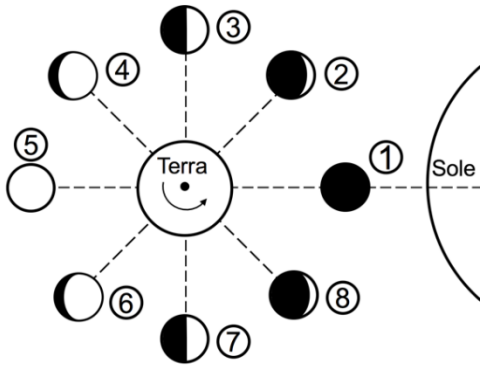
MAREE LUNISOLARI

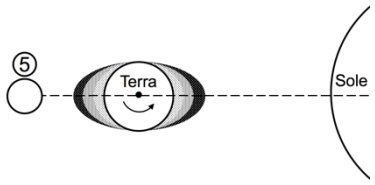


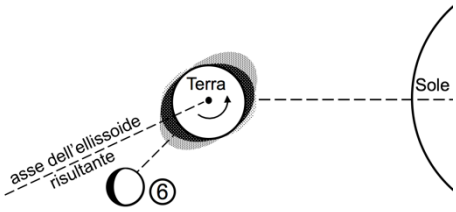
POSIZIONE 3		
FIGURA DI DETTAGLIO	DESCRIZIONE	
	L'ellissoide di marea solare (grigio chiaro) e quello lunare (grigio scuro) agiscono l'uno contro l'altro: le alte maree solari si verificano assieme alle basse maree lunari e viceversa. In tale caso si hanno sia le meno alte alte maree sia le meno basse basse maree, dette MAREE DI QUADRATURA (NEAP TIDES).	
QUANDO AVVIENE	FASE LUNARE come osservata	INEGUAGLIANZA DI FASE NELLE ORE
Nel giorno in cui la Luna si trova nel primo quarto.	Primo quarto	Essa è uguale a zero, la alta marea si verifica quando la Luna passa al meridiano superiore.

POSIZIONE 4		
FIGURA DI DETTAGLIO	DESCRIZIONE	
	L'ellissoide di marea solare (grigio chiaro) ha l'asse maggiore verso il Sole, quello lunare (grigio scuro) ha l'asse maggiore verso la Luna. Nei giorni intermedi tra il primo quarto e il plenilunio l'ellissoide risultante (nero) ha l'asse maggiore disposto in modo tale che l'alta mare si verifichi in ritardo rispetto al passaggio della Luna al meridiano superiore.	
QUANDO AVVIENE	FASE LUNARE come osservata	INEGUAGLIANZA DI FASE NELLE ORE
Nei giorni intermedi tra la fase del primo quarto e la fase di Luna piena (plenilunio).	Gibbosa crescente	È maggiore di zero, l'alta marea si verifica dopo che la Luna passa al meridiano superiore.

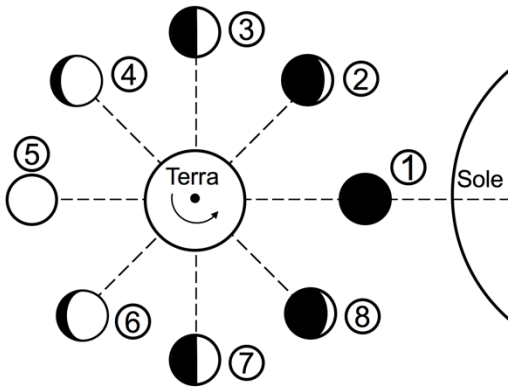
MAREE LUNISOLARI

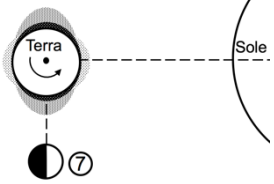


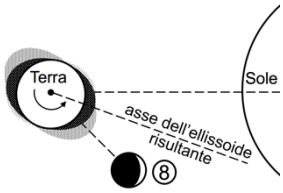
POSIZIONE 5		
FIGURA DI DETTAGLIO	DESCRIZIONE	
	L'ellissoide di marea solare (grigio chiaro) e quello lunare (grigio scuro) si amplificano a vicenda dando come risultante un ampio ellissoide di marea (nero). In questo caso si hanno sia le più alte alte maree sia le più basse basse maree, note come MAREE DI SIZIGIA (SPRING TIDES).	
QUANDO AVVIENE	FASE LUNARE come osservata	INEGUAGLIANZA DI FASE NELLE ORE
Nel giorno in cui la Luna è in opposizione con il Sole.	Luna piena	Essa è uguale a zero, la alta marea si verifica quando la Luna passa al meridiano superiore.

POSIZIONE 6		
FIGURA DI DETTAGLIO	DESCRIZIONE	
	L'ellissoide di marea solare (grigio chiaro) ha l'asse maggiore verso il Sole, quello lunare (grigio scuro) ha l'asse maggiore verso la Luna. Nei giorni intermedi tra la Luna nuova e l'ultimo quarto l'ellissoide risultante (nero) ha l'asse maggiore disposto in modo tale che l'alta mare si verifichi in anticipo rispetto al passaggio della Luna al meridiano superiore.	
QUANDO AVVIENE	FASE LUNARE come osservata	INEGUAGLIANZA DI FASE NELLE ORE
Nei giorni intermedi tra la fase di Luna piena (plenilunio) e la fase dell'ultimo quarto.	Gibbosa calante	Essa è minore di zero, l'alta marea si verifica prima che la Luna passi al meridiano superiore.

MAREE LUNISOLARI



POSIZIONE 7		
FIGURA DI DETTAGLIO	DESCRIZIONE	
	L'ellissoide di marea solare (grigio chiaro) e quello lunare (grigio scuro) agiscono l'uno contro l'altro: le alte maree solari si verificano assieme alle basse maree lunari e viceversa. In tale caso si hanno sia le meno alte alte maree sia le meno basse basse maree, dette MAREE DI QUADRATURA (NEAP TIDES).	
QUANDO AVVIENE	FASE LUNARE come osservata	INEGUAGLIANZA DI FASE NELLE ORE
Nel giorno in cui la Luna si trova nell'ultimo quarto.	Ultimo quarto	Essa è uguale a zero, la alta marea si verifica quando la Luna passa al meridiano superiore.

POSIZIONE 8		
FIGURA DI DETTAGLIO	DESCRIZIONE	
	L'ellissoide di marea solare (grigio chiaro) ha l'asse maggiore verso il Sole, quello lunare (grigio scuro) ha l'asse maggiore verso la Luna. Nei giorni intermedi tra l'ultimo quarto e il novilunio l'ellissoide risultante (nero) ha l'asse maggiore disposto in modo tale che l'alta marea si verifichi in ritardo rispetto al passaggio della Luna al meridiano superiore.	
QUANDO AVVIENE	FASE LUNARE come osservata	INEGUAGLIANZA DI FASE NELLE ORE
Nei giorni intermedi tra la fase dell'ultimo quarto e la fase di Luna nuova (novilunio).	Luna calante	È maggiore di zero, l'alta marea si verifica dopo che la Luna passa al meridiano superiore.

2. TEST A SCELTA MULTIPLA (*multiple choice test*)

1. La forza di marea:
- a) Non dipende dalla distanza tra la particella d'acqua e l'astro considerato;
- b) È assai minore della forza di gravità;
- c) È una forza centrifuga;
- d) Ha a che fare con il magnetismo terrestre.

2. In base alla teoria statica delle maree durante la fase di plenilunio:
- a) L'alta marea ritarda rispetto al passaggio della Luna al meridiano;
- b) L'alta marea anticipa rispetto al passaggio della Luna al meridiano;
- c) Si ha una marea di sizigia;
- d) Si ha una marea di quadratura.

3. Quale dei seguenti effetti meteo contribuisce ad abbassare il livello del mare?
- a) Presenza di una zona di bassa pressione;
- b) Presenza di una zona di alta pressione;
- c) Forte vento che spira verso la costa;
- d) Passaggio al meridiano del punto γ.

4. Le altezze di marea riportate sulle tavole di marea IIM sono misurate a partire dal:
- a) *Mean Low Water Spring* (MLWS);
- b) *Mean Sea Level* (MSL);
- *c) Lowest Astronomical Tide* (LAT);
- d) *Mean high Water Spring* (MHWS).

5. Su di un piano nautico si ha Z_o = 4,5 m. Si può concludere, in via generale, che:
- a) Il porto ha un'escursione di marea trascurabile
- b) Il porto ha un'escursione di marea di 2 m;
- c) Il porto ha un'escursione di marea rilevante, che può arrivare a 9 m;
- d) Il porto ha un regime misto di marea.

6. Sulle tavole di marea si legge un'altezza di 6,2 m. Se la pressione atmosferica fosse di 1007 hPa, il valore corretto di altezza sarebbe:
- a) 6,14 m;
- b) 5,6 m;
- c) 6,206 m;
- d) 6,26 m.

7. In riferimento all'estratto delle *Admiralty tide tables* riportato di lato si può affermare che:

a) L'escursione di marea della prima *tidal window* è di 7,1 m;
b) Siamo in ora estiva;
c) Nel giorno considerato si ha una marea di sizigia (o comunque una marea assai intensa);
d) La fase lunare è il primo quarto.

	Time	m
23	0443	7.1
	1115	1.1
M	1716	6.9
●	2334	1.2

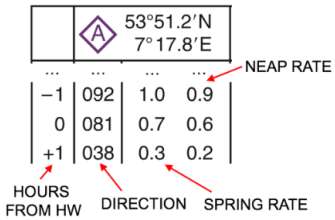
8. In riferimento all'estratto delle *Admiralty tide tables* riportato di lato si può affermare che:

a) Le informazioni riportate sono quelle di una corrente d'inversione;
b) Le informazioni riportate sono quelle di una corrente rotatoria;
c) La fase lunare è il novilunio.
d) La fase lunare è il primo quarto.

	SLACK	MAXIMUM	
	Time	Time	Rate
3	0312	0618	2.4
	0922	1230	-1.7
SU	1534	1840	1.9
	2143		-1.6

9. Su di una carta nautica si osserva il diamante la cui legenda è riportata di lato. Si può concludere che:

a) In zona è presente una corrente di marea rotatoria;
b) In zona è presente una corrente di marea d'inversione;
c) Abbiamo una marea di sizigia;
d) Il regime di marea è diurno.



10. If the chart datum is the mean sea level, the range of tide in the port is:

a) Negligible;
b) Relevant for the voyage planning;
c) About the twice of mean sea level;
d) The difference between LAT and MLWS.

11. The distance between the chart datum and the mean sea level is:

a) The high water level;
b) The height of tide;
c) The level of spring tide;
d) Z_o.

3. ESERCIZI (*exercises*)

Esercizio 1
L'arrivo nel porto di Brest è previsto alle 22:12 del 18/01, quando la nave avrà $T_A = 9{,}62$ m, $T_F = 9$ m. Dalla carta sinottica si deduce che in zona è prevista una pressione atmosferica di 1004 hPa. Sapendo che la profondità letta sulla carta è di 7,1 m all'ingresso del porto e che il minimo UKC previsto dal SMS è di 1,5 m, verificare se la nave potrà entrare in porto all'orario previsto di arrivo.

	Time	m
18	0556	2.4
	1208	5.7
W	1838	2.5

	Time	m
19	0052	5.8
	0716	2.4
TH	1333	5.8
	1956	2.3

Esercizio 2
La partenza dal porto di Brest è prevista alle 14:00 del 23/06, quando la pressione atmosferica è 1027 hPa. Poco dopo la partenza è previsto il transito sotto un ponte che ha un'elevazione di 42 m sopra il livello medio del mare. La nave ha un *air draft* di 41,2 m, interrogando la ENC si ricava $Z_o = 2{,}8$ m. In base alle procedure di Società il minimo *overhead clearance* è 2 m. Valutare se è possibile partire alla ETD stabilita e, se non fosse possibile, calcolare la nuova ETD. Si ricorda che a giugno è in vigore l'ora legale estiva.

	Time	m
23	0443	7.1
	1115	1.1
M	1716	6.9
●	2334	1.2

Esercizio 3
La partenza dal porto di Brest è prevista per le 21:12 del 21/02, quando la nave sarà in condizione *on even keel* con un pescaggio di 5 m. Dalla carta sinottica si deduce che la pressione sarà di 1008 hPa. È previsto il transito su un fondale che, dalla carta nautica, risulta di 6 m. Sapendo che lo *squat* massimo durante il passaggio sarà di circa 0,7 m, si determini l'*under keel clearance* durante tale transito.

	Time	m
21	0313	6.5
	0935	1.7
SA	1543	6.4
	2200	1.7

Esercizio 4

Il 23/06 una nave che si trova nel porto di Brest è nella fase finale di discarica e si trova *on even keel* con un pescaggio di 7,43 m. Prima della partenza, prevista durante la prima finestra di marea, saranno sbarcate 560 t di carico dalla stiva centrale. In base alle procedure SMS il minimo UKC deve essere 1,5 m. Sapendo inoltre che la profondità in uscita dal porto, letta sulla carta, è 6,6 m, che a fine discarica la nave avrà $TPC = 62$ t/cm, che in zona la pressione atmosferica sarà di 1023 hPa, determinare fino a che ora sarà possibile la partenza. Si ricorda infine che a giugno è in vigore l'ora legale estiva.

	Time	m
23	0443	7.1
	1115	1.1
M	1716	6.9
●	2334	1.2

Esercizio 5

Una nave deve transitare in un canale ristretto e sotto un ponte, la cui elevazione è 46 m sopra il livello medio del mare, in zona $Z_o = 2{,}3$ m. Il passaggio è previsto alle 11:24 del 21/02. Le procedure SMS impongono un minimo *overhead clearance* di 2 m. Sapendo che la nave ha un *air draft* di 44,34 m e un $C_B = 0{,}7$ si determini la velocità con cui effettuare il passaggio in sicurezza. Stimare lo *squat* in acque ristrette con la formula approssimata proposta alla pagina 480 del volume.

	Time	m
21	0313	6.5
	0935	1.7
SA	1543	6.4
	2200	1.7

Esercizio 6

Il 03/03 una nave *on even keel* con un pescaggio di 3,05 m deve passare su un bassofondo che si estende 1,6 m al disopra del chart datum. Il transito deve avvenire nella prima finestra di marea. Si determini da che ora sarà possibile effettuare il passaggio con un UKC minimo di 1,5 m.

	Time	m
3	0312	- 0.2
	0915	6.7
SU	1533	- 0.1
●	2137	6.4

Esercizio 7

Utilizzando l'estratto delle tavole di marea di lato si determinino l'azimut e la velocità della corrente alle 04:00. Si determinino poi, nella prima finestra della corrente di marea, gli orari in cui la corrente avrà un azimut di 230° e una velocità di 1,0 kts.

	SLACK	MAXIMUM	
	Time	Time	Rate
1	0122	0502	-1.3
	0844	1127	0.7
SA	1457	1714	-0.4
	1917	2247	1.0

POSITIVE RATE: SET 050
NEGATIVE RATE: SET 230

Esercizio 8
Utilizzando l'estratto delle tavole di marea di lato si determini per il 03/06 l'ultimo orario della giornata in cui la velocità della corrente sarà 0,5 kts con un azimut di 315°. Si ricavino poi la velocità e l'azimut alle 07:00. Si ricorda che a giugno è in vigore l'ora legale estiva.

	SLACK	MAXIMUM	
	Time	Time	Rate
3	0312	0618	2.4
	0922	1230	-1.7
SU	1534	1840	1.9
	2143		-1.6

POSITIVE RATE: SET 315
NEGATIVE RATE: SET 135

Esercizio 9
Alle 05:12 del 03/06 in LAT: 02° 43,8' N, LON: 101° 03,0' E si stima che sia caduto un uomo in mare dalla nostra nave. Utilizzando l'estratto delle tavole di marea dell'esercizio precedente, si stimino le coordinate del naufrago dopo 3,5 h.

♦ *Approfondimento.* Per risolvere il quesito 9 si deve valutare lo spazio percorso da un oggetto alla deriva nella corrente d'inversione di marea. Il problema non è scontato perché la velocità della corrente varia sempre nel tempo. Sia t_1 l'istante della prima stanca, sia t' l'istante a cui l'oggetto inizia a derivare e t'' l'istante a cui la deriva termina. Si ricorda che:

$$180° : T = \Delta t : \alpha \quad \rightarrow \quad 180° : T = (t - t_1) : \alpha \qquad \text{dove } t \text{ è un generico istante}$$

La funzione che esprime la velocità diventa $V = V_{max} \operatorname{sen} \alpha \rightarrow \; V = V_{max} \operatorname{sen}\left[\frac{180°(t-t_1)}{T}\right]$

Il cammino percorso da un oggetto alla deriva da un istante t' a un istante t'' è quindi:

$$m = \int_{t'}^{t''} V \, dt$$

Si può dimostrare che l'integrale ha la seguente soluzione, con cui si può risolvere il quesito:

$$m = -\frac{V_{max}}{\pi} \cdot T \cdot \left[\cos\left(\frac{180° \cdot (t'' - t_1)}{T}\right) - \cos\left(\frac{180° \cdot (t' - t_1)}{T}\right)\right]$$

Esercizio 10
Una nave deve transitare nel porto di Brest sotto un ponte che si eleva per 31,1 m sopra il *mean high water spring* (MHWS) che, interrogando la ENC, risulta essere 7 m al disopra del *chart datum*. Sapendo che il passaggio deve avvenire nella prima finestra di marea del 16/01, che la nave ha 31,5 m di *air draft*, che il minimo *overhead clearance* deve essere 2 m, si determini fino a che ora sarà possibile il transito.

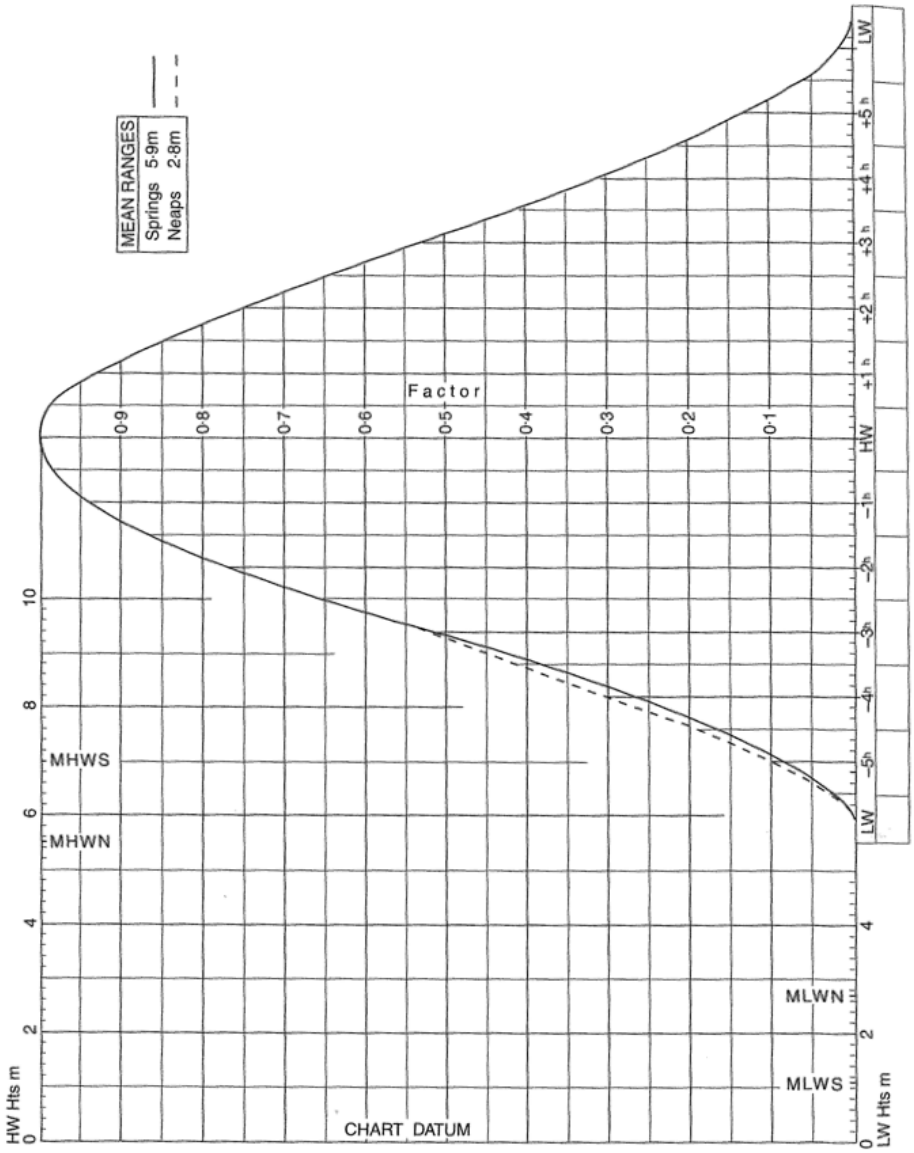
	Time	m
16	0346	2.0
	0947	6.2
M	1618	2.1
☾	2223	6.0

L'esercizio si può svolgere anche usando il seguente grafico delle *tide tables* inglesi.

BREST

MEAN SPRING AND NEAP CURVES

Springs occur 2 days after New and Full Moon



4. SOLUZIONI DEGLI ESERCIZI (*exercises solutions*)

Soluzione dell'esercizio 1
La correzione per la pressione atmosferica è $C = +0{,}09$ m. Si tratta di un primo problema della marea. Ricaviamo $\alpha = 77° \, 00' \, 19''$, $h = 4{,}61$ m, UKC $= 2{,}09$ m. Il passaggio può quindi avvenire in sicurezza.

Soluzione dell'esercizio 2
La correzione per la pressione atmosferica è $C = -\,0{,}14$ m. Si risolve inizialmente un primo problema della marea: alle 14:00 si ricava $\alpha = 127° \, 38' \, 43''$, $h = 2{,}09$ m, ne consegue che OC $= 1{,}51$ m, non è possibile il passaggio in sicurezza. Per rispettare l'*overhead clearance* minimo è necessaria un'altezza di marea di almeno 1,6 m, per trovare l'orario dal quale si potrà transitare in sicurezza si deve quindi risolvere un secondo problema della marea, risolvendo il problema nella stessa finestra si trovano le 13:33.

♦ *Approfondimento.* Si ricorda che, come esposto a pagina 406 del volume, quando è presente l'ora legale estiva si deve aggiungere un'ora agli orari letti sulle tavole di marea per ottenere i dati corretti per risolvere ogni problema.

Soluzione dell'esercizio 3
La correzione per la pressione atmosferica è $C = +0{,}05$ m. Si tratta di un primo problema della marea. Ricaviamo $\alpha = 157° \, 04' \, 56''$, $h = 1{,}93$ m. In presenza dello *squat* (*s*) la relazione altimetrica per valutare l'under keel clearance diventa:

$$T_{max} + \mathrm{UKC} + s = B + h \quad \rightarrow \quad \mathrm{UCK} = B + h - T_{max} - s$$

$$\rightarrow \mathrm{UKC} = 6 + 1{,}93 - 5 - 0{,}7 = 2{,}23 \text{ m}$$

Soluzione dell'esercizio 4
La correzione per la pressione atmosferica è $C = -0{,}10$ m. Il pescaggio finale è:

$$T' = T - \frac{peso}{100 \cdot TPC} = 7{,}43 - \frac{560}{100 \cdot 62} \cong 7{,}34 \, m$$

L'altezza di marea necessaria al transito in sicurezza è quindi 2,24 m. Si tratta di un secondo problema della marea, dove si ricava $\alpha = 125° \, 55' \, 15''$, quindi il transito potrà avvenire in sicurezza alle 10:17.

Soluzione dell'esercizio 5
Risolvendo un primo problema della marea si ricava che alle 11:24 l'altezza di marea è di 2,65 m. Ne consegue che l'*overhead clearance* è:

$$\mathrm{OC} = Z_0 + H - AD - h \quad \rightarrow \quad \mathrm{OC} = 2{,}3 + 46 - 44{,}34 - 1{,}31 = 1{,}31$$

Per soddisfare il requisito si sicurezza ($\mathrm{OC} = 2$ m) mancano 0,69 m, che posso essere forniti dall'effetto *squat*. La formula approssimata in acque ristrette è:

$$s = \frac{C_B \cdot V^2}{50} \quad \rightarrow \quad V = \sqrt{\frac{s \cdot 50}{C_B}} = \sqrt{\frac{0{,}69 \cdot 50}{0{,}7}} \cong 7 \text{ kts}$$

Si ricorda che, come esposto a pagina 481 del volume, si è ricavata una velocità superficiale (STW).

Soluzione dell'esercizio 6
Facendo un diagramma altimetrico simile a quello esposto in figura A12.27 del volume (pag. 414) si ricava che è necessaria un'altezza di marea di almeno 6,15 m. Risolvendo un secondo problema della marea otteniamo che il transito sarà possibile, nella prima finestra di marea, dalle 08:09. Nel calcolo dell'angolo α l'altezza della bassa marea (negativa perché misurata al disotto del chart datum) si considera in modo algebrico:

$$\cos\alpha = \frac{h - h_{LW} - \frac{A}{2}}{\frac{A}{2}} = \frac{6{,}15 - (-0{,}2) - 3{,}45}{3{,}45} \rightarrow \alpha = 32°\ 47'\ 55''$$

Soluzione dell'esercizio 7
Per rispondere alla prima richiesta si deve risolvere un primo problema della corrente di mare. Si ricava $\alpha = 64°\ 20'\ 38''$ e quindi $V = -1{,}17$ kts. Il segno negativo indica un azimut corrente di 230°, come si evince dall'estratto delle tavole di marea. Per rispondere al secondo quesito si deve invece risolvere un secondo problema. Si ricava $\alpha = 50°\ 17'\ 06''$ al quale corrispondono gli orari $t_{x1} = 03{:}25$ e $t_{x2} = 06{:}41$.

Soluzione dell'esercizio 8
Si deve prendere in esame l'ultima finestra della corrente di marea, in cui la massima velocità è +1,9 kts e quindi l'azimut è 315°. Risolvendo un secondo problema della corrente si ottiene $\alpha = 15° \, 15' \, 27''$ l'ultimo orario a cui si avrà 0,5 kts di velocità è $t_{x2} = 22{:}12$. Si deve poi risolvere un primo problema in cui risulta $\alpha = 81° \, 43' \, 47''$ a cui corrisponde una velocità della corrente di 2,37 kts; l'azimut è 315° in quanto la massima velocità è sempre positiva.

Soluzione dell'esercizio 9
Ponendo $t_1 = 04{:}12$, $t' = 05{:}12$, $t'' = 08{:}42$ si ricava:

$$m = -\frac{V_{max}}{\pi} \cdot T \cdot \left[\cos\left(\frac{180° \cdot (t'' - t_1)}{T}\right) - \cos\left(\frac{180° \cdot (t' - t_1)}{T}\right)\right] \cong 7{,}2 \, NM$$

L'azimut corrente è 315° nella prima finestra di marea. Risolvendo un primo problema della lossodromia (o utilizzando una carta di Mercatore approssimata) si ricavano le coordinate LAT: 02° 48,9' N, LON: 100° 57,9' E.

Soluzione dell'esercizio 10
In questo caso l'altezza di marea necessaria per avere l'*overhead clearance* di 2 m è:

$$h = \mathrm{MHWS} + H - \mathrm{AD} - \mathrm{OC} = 7 + 31{,}1 - 31{,}5 - 2 = 4{,}6 \, m$$

Usando il grafico (o i metodi analitici) si ottiene che tale altezza sarà raggiunta alle 07:14 circa. Il transito in sicurezza sarà quindi possibile fino a quell'ora.

5. SOLUZIONE DEI TEST A SCELTA MULTIPLA

QUESITO	RISPOSTA CORRETTA
1	b
2	c
3	b
4	a
5	c
6	d
7	c
8	a
9	a
10	a
11	d