

Chương 2: Sóng, mực nước

Ôn lại các kiến thức về sóng, thủy triều, nước dâng do bão – các nhân tố tác động biến đổi hình thái bờ biển

Nước biển dâng

Bài tập tính toán sóng, nước dâng

Lý thuyết sóng Airy

- Mô tả sóng vùng nước sâu
- Sóng có dạng hình SIN
- Chiều cao sóng $H \ll$ chiều dài sóng L , độ sâu nước h
- Phương trình cơ bản mực nước:

$$\eta(x,t) = \frac{H}{2} \cos(kx - \omega t)$$

Phân vùng áp dụng (h/L_0)

Vùng nước sâu

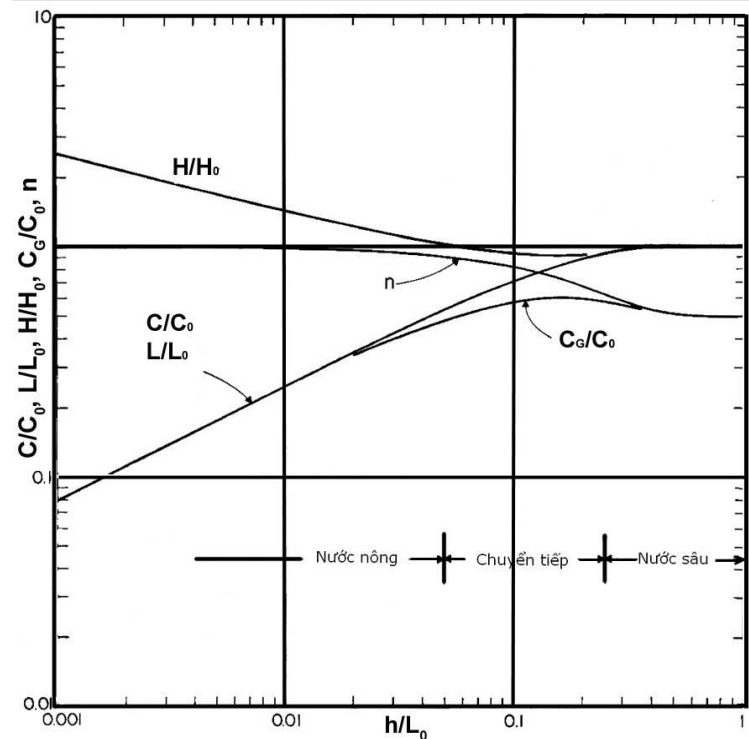
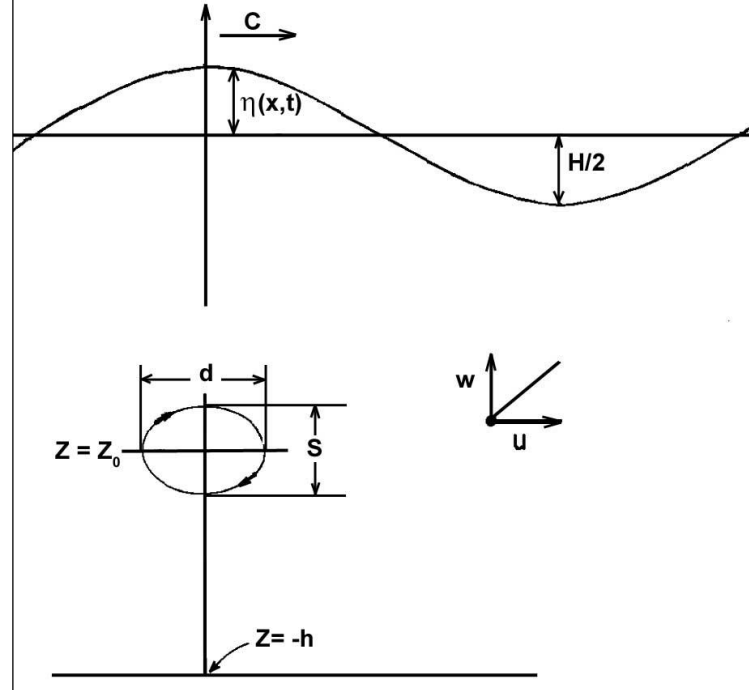
$$h/L_0 > 1/2$$

Vùng chuyển tiếp

$$1/2 > h/L_0 > 1/20$$

Vùng nước nông

$$h/L_0 < 1/20$$



SÓNG – Quá trình truyền năng lượng

- Sóng, về cơ bản là quá trình truyền năng lượng, do vậy mà KHÔNG có sự chuyển động của nước
- Vận tốc truyền sóng \neq vận tốc của chất điểm nước
- Năng lượng sóng (trên đơn vị diện tích mặt biển) (J/m^2)

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2$$

- Năng thông sóng (W/m) = năng lượng \times vận tốc truyền năng lượng

$$F = E \cdot C_g$$

- Vận tốc nhóm sóng C_g : $\frac{1}{2}C \leq C_g = nC \leq C$.

$$n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right]$$

- Hệ thức phân tán (dispersion relationship)

$$L = L_0 \tanh(2\rho h / L)$$

- Giải bằng tra bảng
- Tính năng giải PT của máy tính Casio
- Tính lập bằng máy Casio
- Sử dụng công thức gần đúng:

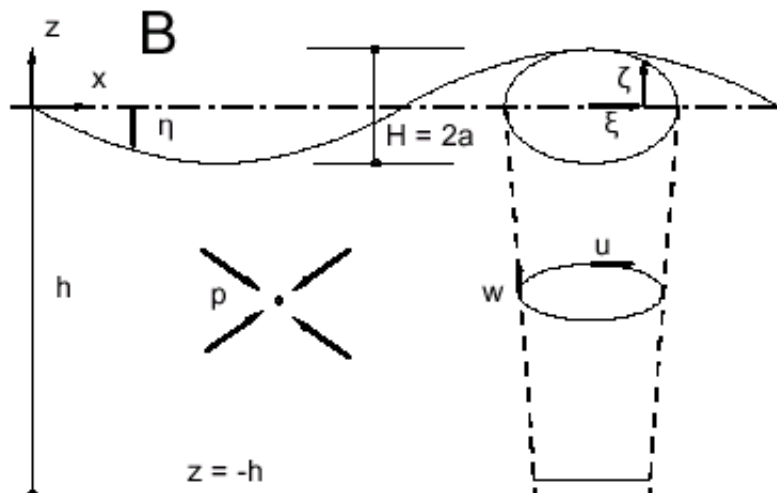
$$L = L_0 \sqrt{\tanh(2\rho h / L_0)} \quad (\text{Eckart 1952})$$

$$L = T \sqrt{gh} \left(1 - \frac{1}{6} k_0 h \right) \quad (\text{Nielsen})$$

Ứng suất phát xạ: { phần áp lực vượt (do áp suất động so với nước tĩnh) + thông lượng động lượng } trên mỗi đơn vị dài đỉnh sóng. Với sóng Airy:

- Theo phương truyền sóng: $S_{xx} = E \left(2n - \frac{1}{2} \right)$
- Vuông góc phương tr. sóng: $S_{yy} = E \left(n - \frac{1}{2} \right) < S_{xx}$
(thông lg. động lg. = 0)

Quỹ đạo chuyển động

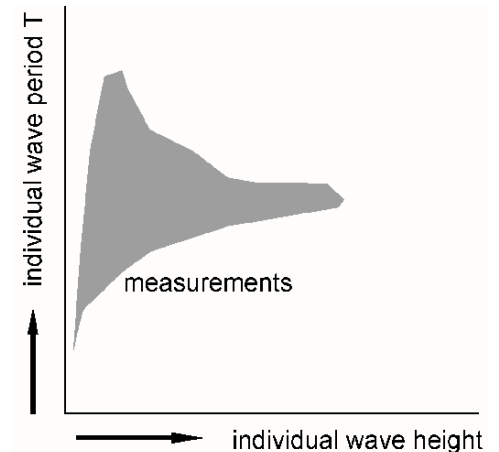
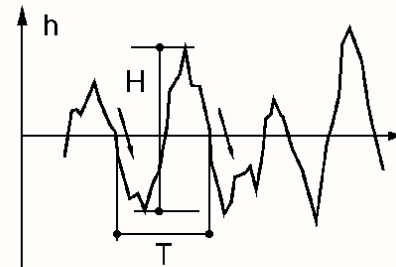
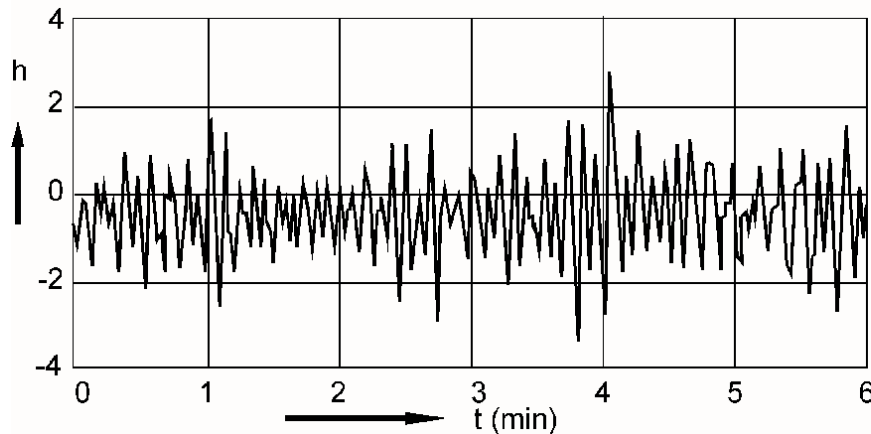


$$\hat{x} = A \rightarrow \frac{H}{2} \frac{1}{\sinh kh} \quad (\text{bottom})$$

$$\hat{u} = wA \rightarrow \frac{\rho H}{T} \frac{1}{\sinh kh} \quad (\text{bottom}) \rightarrow \frac{H}{2} \sqrt{\frac{g}{h}} \quad (\text{shallow})$$

Các sóng ngẫu nhiên

- Trong thực tế, các sóng mang tính ngẫu nhiên cả về độ lớn lẫn thời gian xuất hiện:
- phân bố thời đoạn ngắn: mô tả tính ngẫu nhiên của các sóng trong 1 thời đoạn quan trắc ngắn (khoảng 20 phút) → H_s hay phổ sóng
- phân bố thời đoạn dài → mô tả sự biến thiên trong thời kỳ nhiều năm trong thực tế là mô tả các trận bão

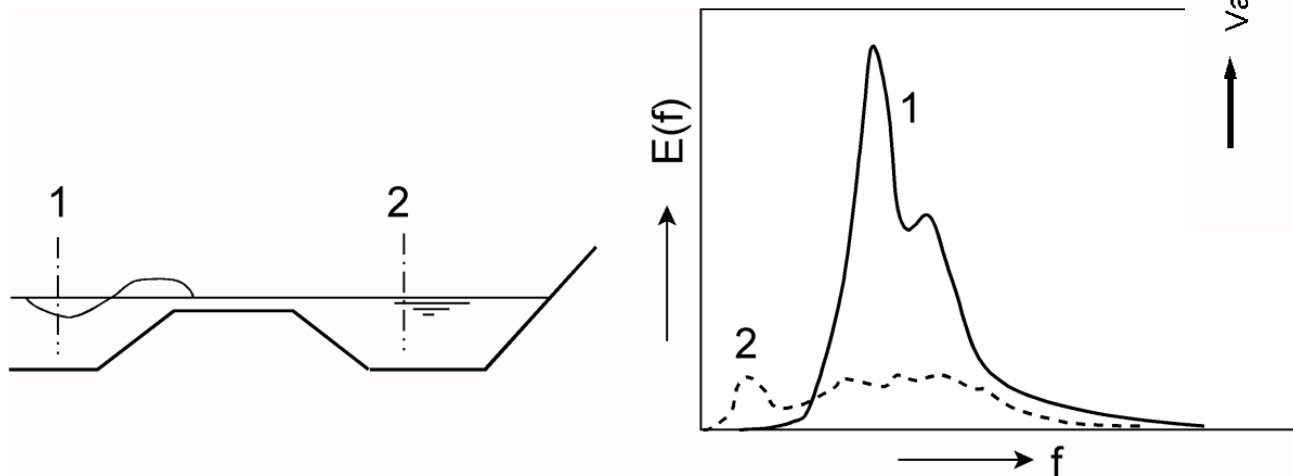
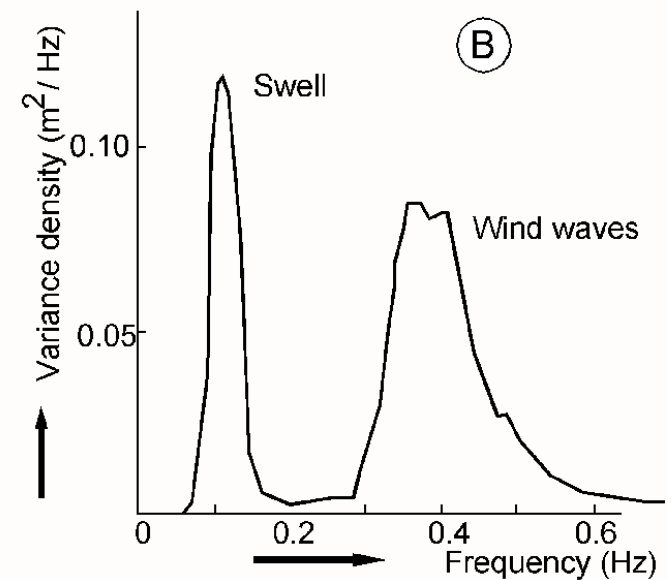
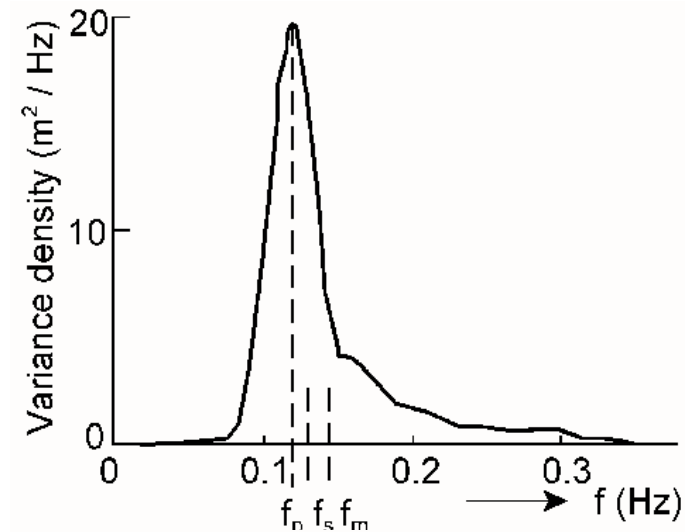


- Chiều cao sóng:
 H_s, H_{rms}

- Chu kỳ sóng:
 $T_0, T_p, T_{1/3}$

Phổ sóng

- Biểu diễn phân bố năng lượng sóng theo các mức tần số trong sóng ngẫu nhiên.
- Phổ hẹp/rộng = sóng lừng/sóng gió.
- Thông tin lấy được từ phổ sóng: $H_s \approx H_{m0} = 4\sqrt{m_0}$ và $T_p = 1/f_p$
- Biến hình phổ sóng qua vùng nước nông.



Sự phát triển của sóng từ gió

Khi sóng phát triển hoàn toàn (fully-developed sea, $t > t_{\text{lim}}$), các đặc trưng sóng (H_s, T_p) là hàm của:

- vận tốc gió, u
- đà gió (xác định trên bản đồ), F
- độ sâu nước, h hoặc d
- và thời gian duy trì gió

Công thức SMB (môn *Sóng gió*). Còn có biểu đồ & các dạng công thức khác.

$$\frac{gH_s}{u^2} = 0.283 \tanh \left[0.530 \left(\frac{gd}{u^2} \right)^{0.750} \right] \tanh \frac{0.0125 \left(\frac{gF}{u^2} \right)^{0.42}}{\tanh \left[0.530 \left(\frac{gd}{u^2} \right)^{0.750} \right]}$$

$$\frac{gT_p}{u} = 2\rho \times 1.2 \tanh \left[0.833 \left(\frac{gd}{u^2} \right)^{0.375} \right] \tanh \frac{0.077 \left(\frac{gF}{u^2} \right)^{0.25}}{\tanh \left[0.833 \left(\frac{gd}{u^2} \right)^{0.375} \right]}$$

$$t_{\text{lim}} = 537 \left(gT_p / u \right)^{7/3}$$

Chế độ sóng (wave climate)

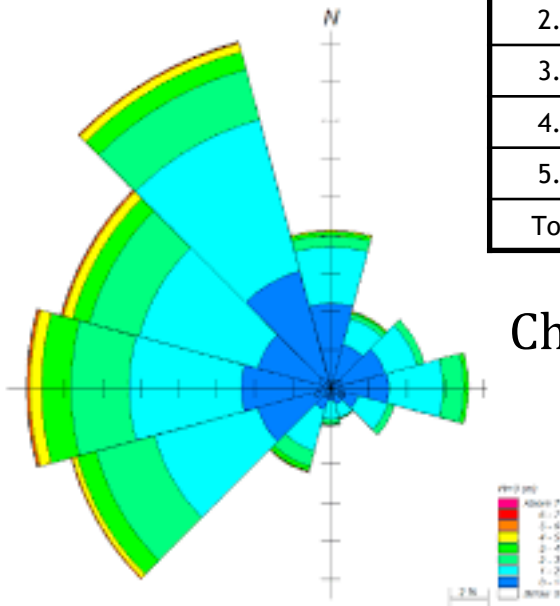
Số liệu quan trắc sóng thực tế ở Việt Nam

Ngày	7		13		19	
1 2002	Hướng	Độ cao	Hướng	Độ cao	Hướng	Độ cao
1	W	0.50	NW	0.75	W	0.75
2	NE	1.00	NE	1.25	NE	0.75
3	NE	1.50	NE	0.75	NE	1.00
4	NE	1.50	NW	1.50	NW	1.50
5	SW	0.50	NW	0.75	-	0.25
6	NW	0.50	NW	0.75	SE	0.50
7	N	1.25	W	0.50	W	0.75
8	NE	1.50	N	0.75	NE	0.75
9	NE	0.75	NE	0.75	NE	0.75
10	SW	0.50	E	0.50	N	0.50
11	SE	0.50	SE	0.75	E	0.75
12	NE	0.50	-	0.25	-	0.25
13	-	0.25	W	0.75	NW	0.75
14	SW	0.75	NW	0.75	W	0.75

Quy ước góc hướng: NE = 45°, SE = 135°, W = 270°, v.v.

Thống kê sóng theo hướng, độ lớn theo bảng và hoa sóng

Wave height	Directions								Calm	Total (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
0 - 0.25									32	32
0.25 - 0.5		3	1	1						5
0.5 - 0.75	1	25	25	6	2			10		69
0.75 - 1.0	1	8	21	2	1	2		3		38
1.0 - 1.5	5	36	53	18				17		129
1.5 - 2.0	6	23	43	7				20		99
2.0 - 2.5	21	29	16	3				16		85
2.5 - 3.0	10	12	4	2				5		33
3.0 - 4.0	12	34	11							57
4.0 - 5.0	2	9								11
5.0 - 6.0		1								1
Total (%)	58	180	174	39	3	2	0	71	32	559



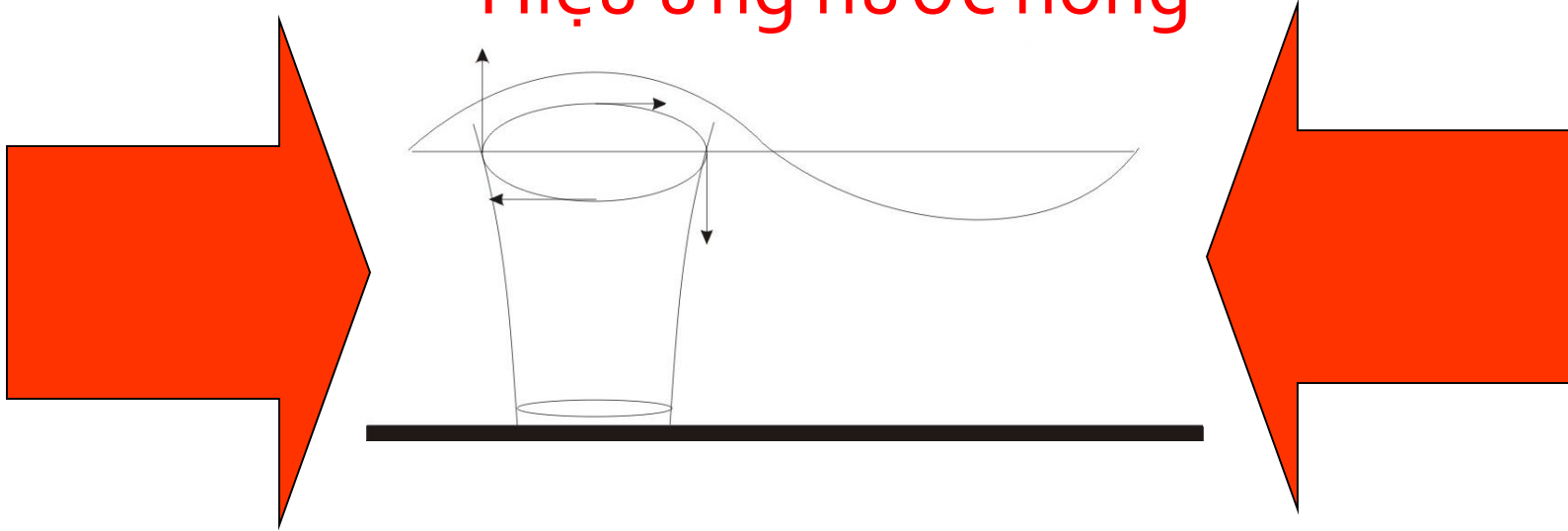
Chiều cao sóng hình thái H_{mor} của một hướng:

$$H_{mor} = \left(\frac{S p_i H_i^{2.5}}{S p_i} \right)^{0.4}$$

Hiện tượng biến dạng sóng gần bờ

- Hiệu ứng nước nông
- Khúc xạ sóng
- Nhiễu xạ sóng
- Phản xạ sóng
- Sóng vỡ

Hiệu ứng nước nông



Hiện tượng thay đổi độ cao của sóng do có sự thay đổi độ sâu khi sóng biển truyền từ ngoài khơi vào ven bờ

$$K_{SH} = \frac{H_h}{H_0} = \sqrt{\frac{1}{\tanh kh \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh}\right)}}$$

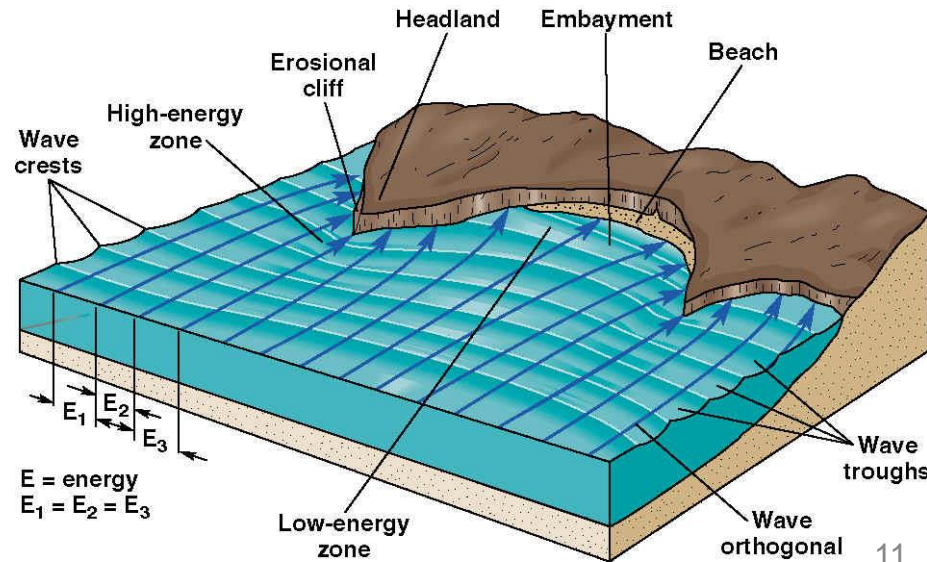
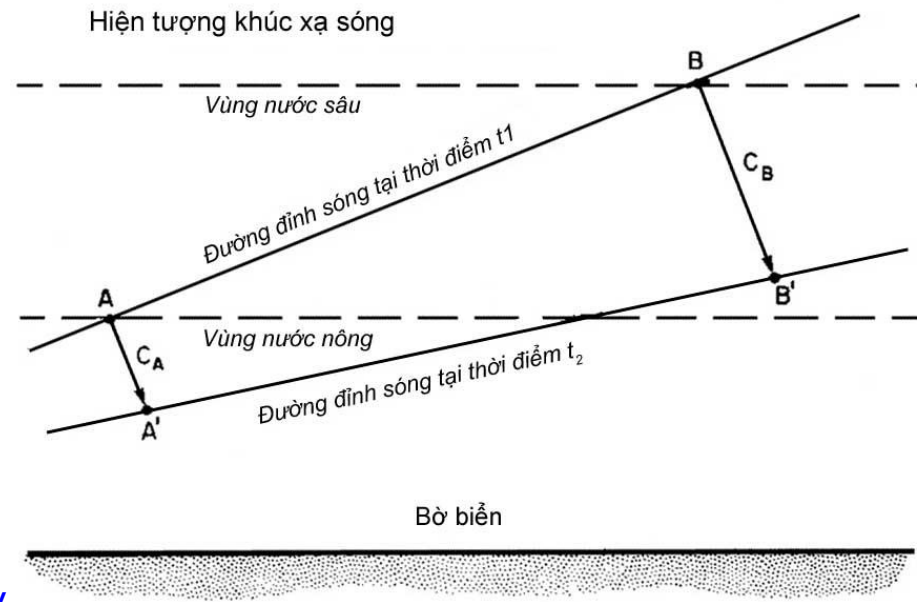
Hiện tượng khúc xạ sóng

- Hiện tượng biến đổi vận tốc truyền sóng do thay đổi độ sâu và dẫn tới sự thay đổi độ lớn sóng và hướng truyền sóng

- Định luật Snell: $\frac{\sin a_1}{C_1} = \frac{\sin a_2}{C_2} = \text{const}$

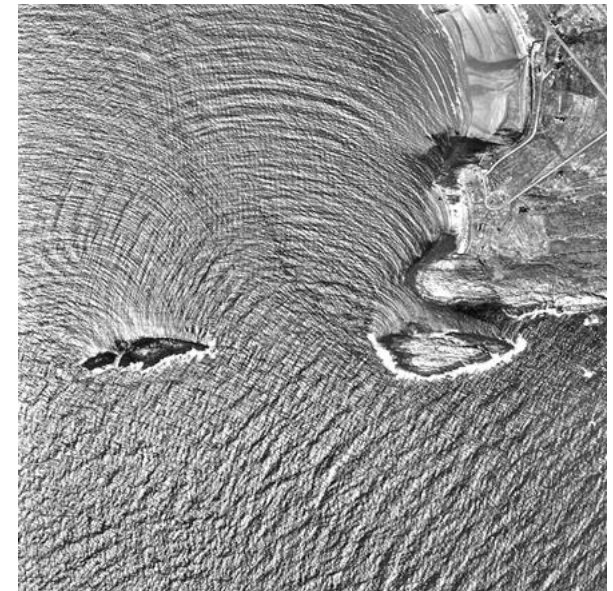
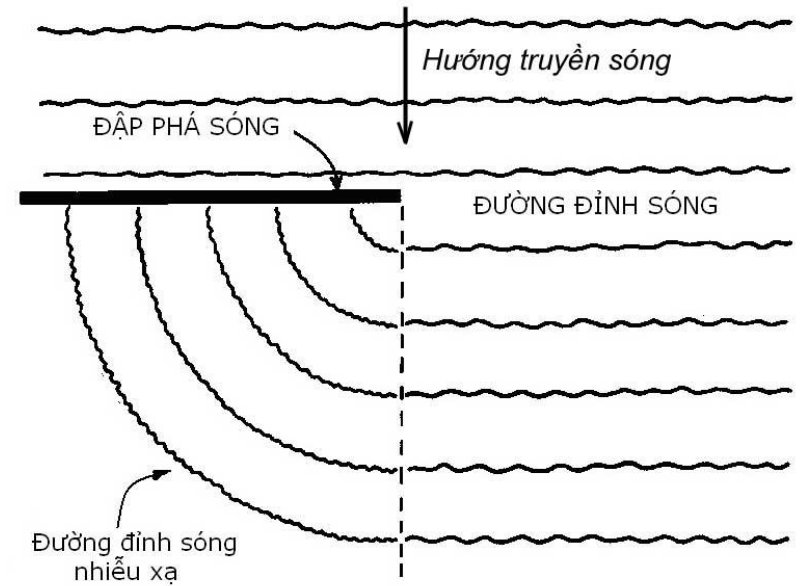
$$K_r = \sqrt{\frac{\cos a_0}{\cos a}} \gg \frac{\sqrt{\cos a_0}}{\sqrt[4]{1 - k_0 h \left(1 - \frac{1}{6} k_0 h\right)^2 \sin^2 a_0}}$$

<http://www.coastal.udel.edu/faculty/rad/>



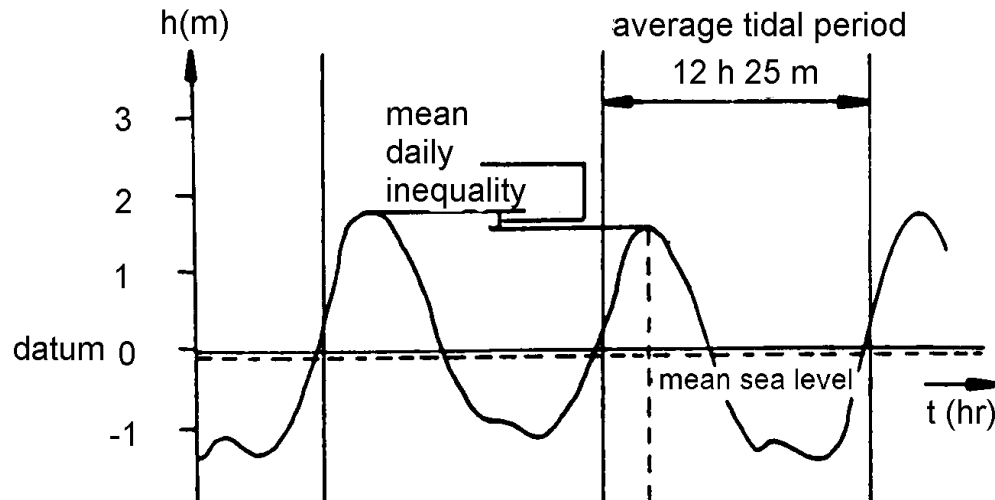
Nhiều xạ sóng

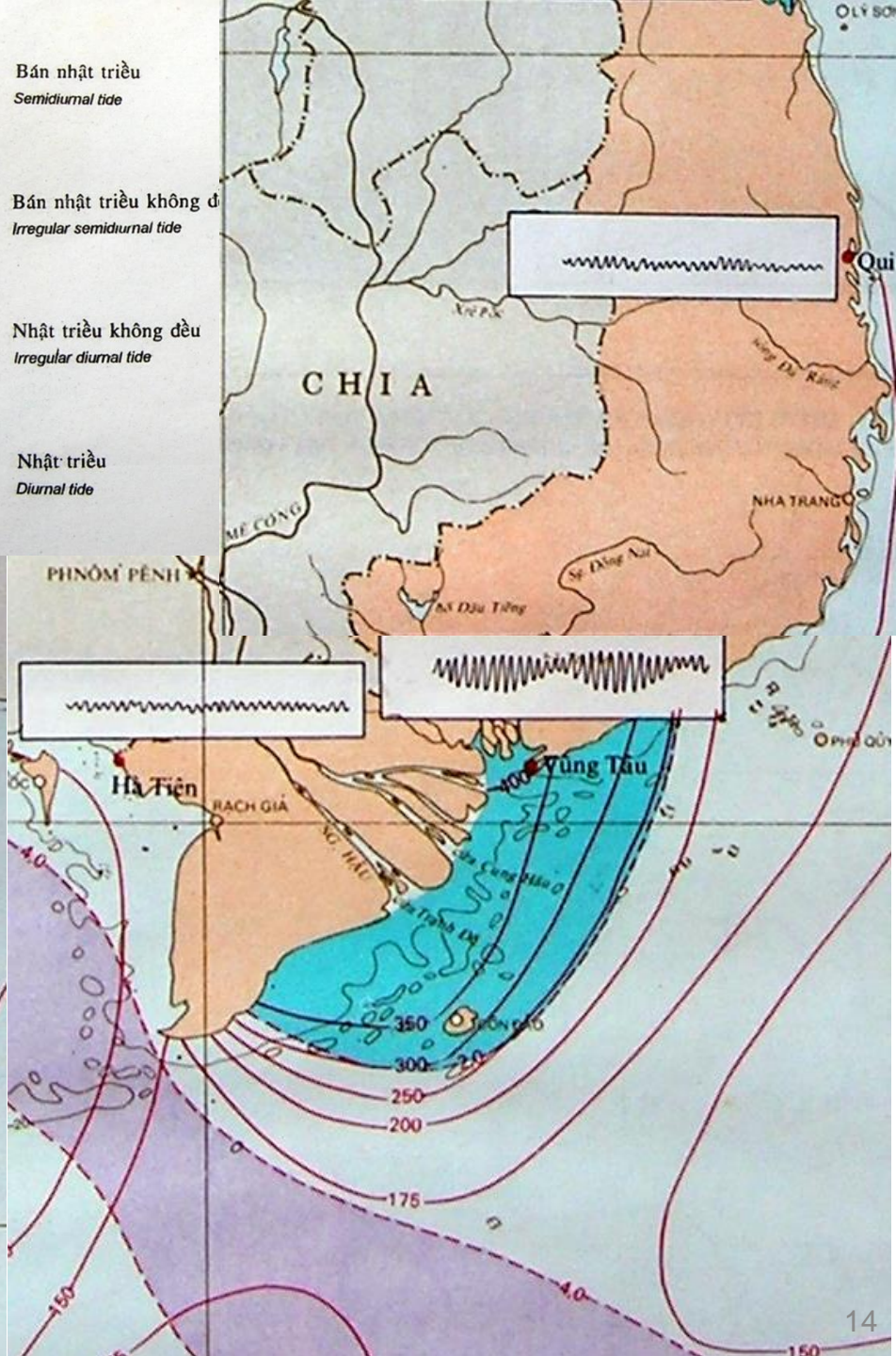
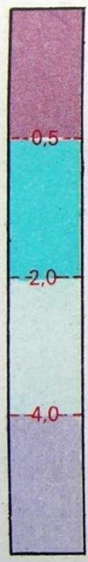
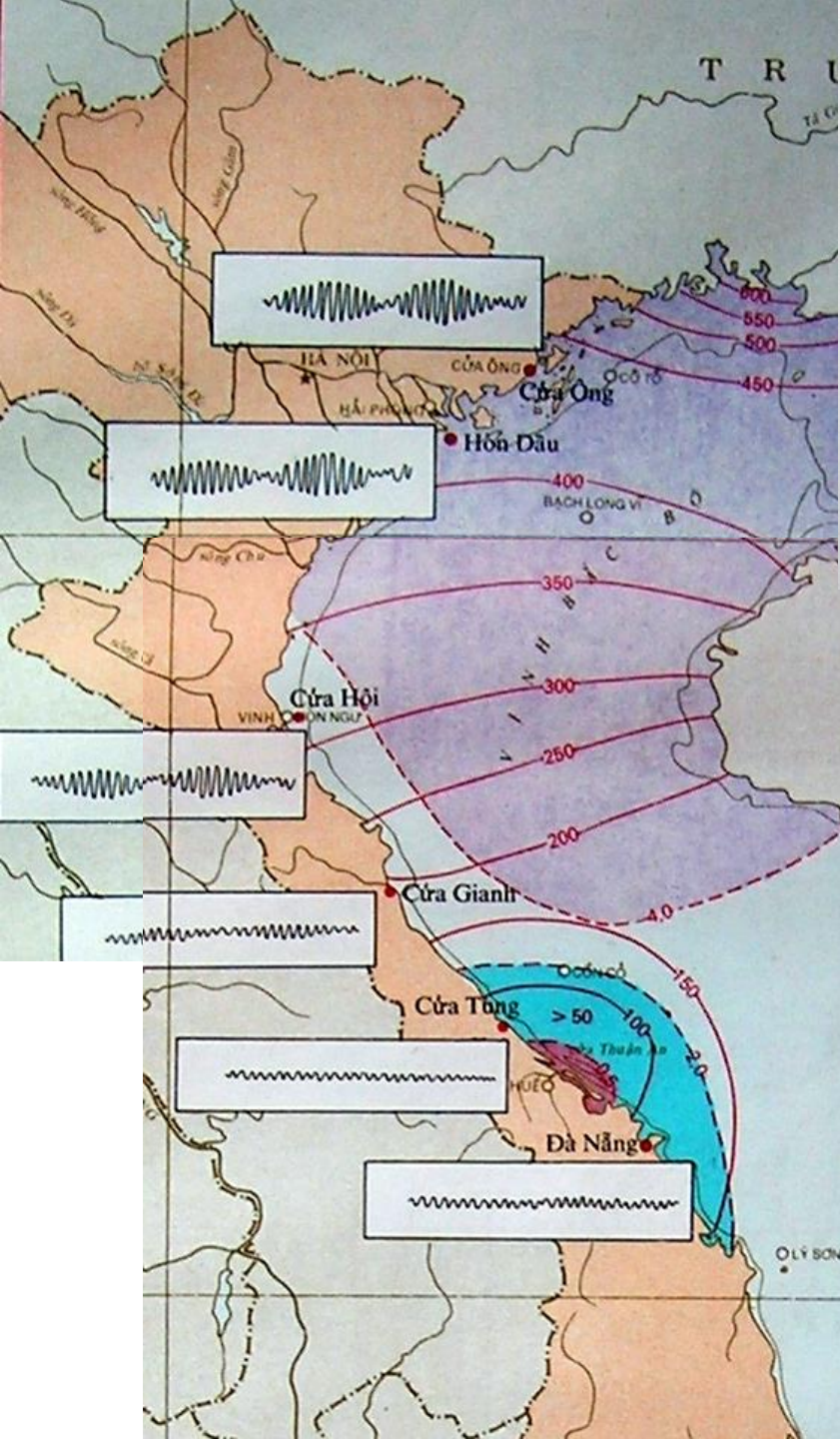
- Hiện tượng khi các sóng truyền qua vật cản giao thoa với các sóng tới gọi là nhiễu xạ sóng.
- Hiện tượng nhiễu xạ sóng có thể gây ảnh hưởng tới tàu thuyền neo đậu bên trong.
- Hiện tượng nhiễu xạ sóng tại các bãi biển “hình túi” (pocket beach)



Triều thiên văn

- Có thể tính toán trước một cách dễ dàng (bảng thủy triều)
- thường phổ biến là bán nhật triều
- tuy nhiên, bờ biển VN có chế độ triều phức tạp (4 vùng)
- cần lưu ý khi tính toán nội suy





Bán nhật triều
Semidiurnal tide

Bán nhật triều không đều
Irregular semidiurnal tide

Ngày triều không đều
Irregular diurnal tide

Ngày triều
Diurnal tide

Nước dâng do gió bão (storm surge)

Bờ biển mở, mực nước dâng tối đa khi gió duy trì lâu dài:

$$\frac{\eta}{x} = \frac{K(U \cos f)^2}{g(h + \eta)}$$

K = hệ số ma sát thực nghiệm

K = 3.2×10^{-6} (Kamphuis)

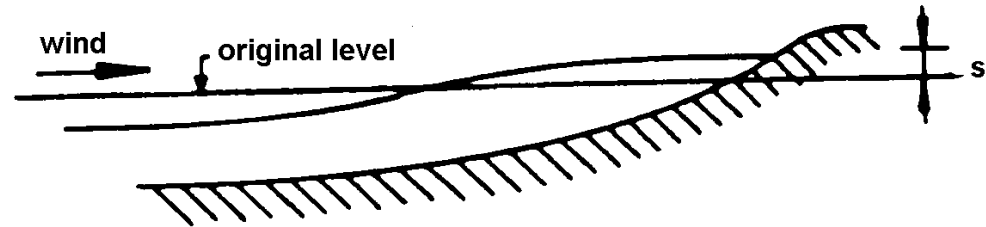
U = tốc độ gió (m/s)

ϕ = góc hướng gió (= 0, trực diện bờ)

Với độ sâu h = const:

$$h = \sqrt{\frac{2KU^2 x \cos f}{g} + h^2} - h$$

- K = hệ số ma sát thực nghiệm
- U = vận tốc gió (m/s)
- x = khoảng cách ngang bờ.

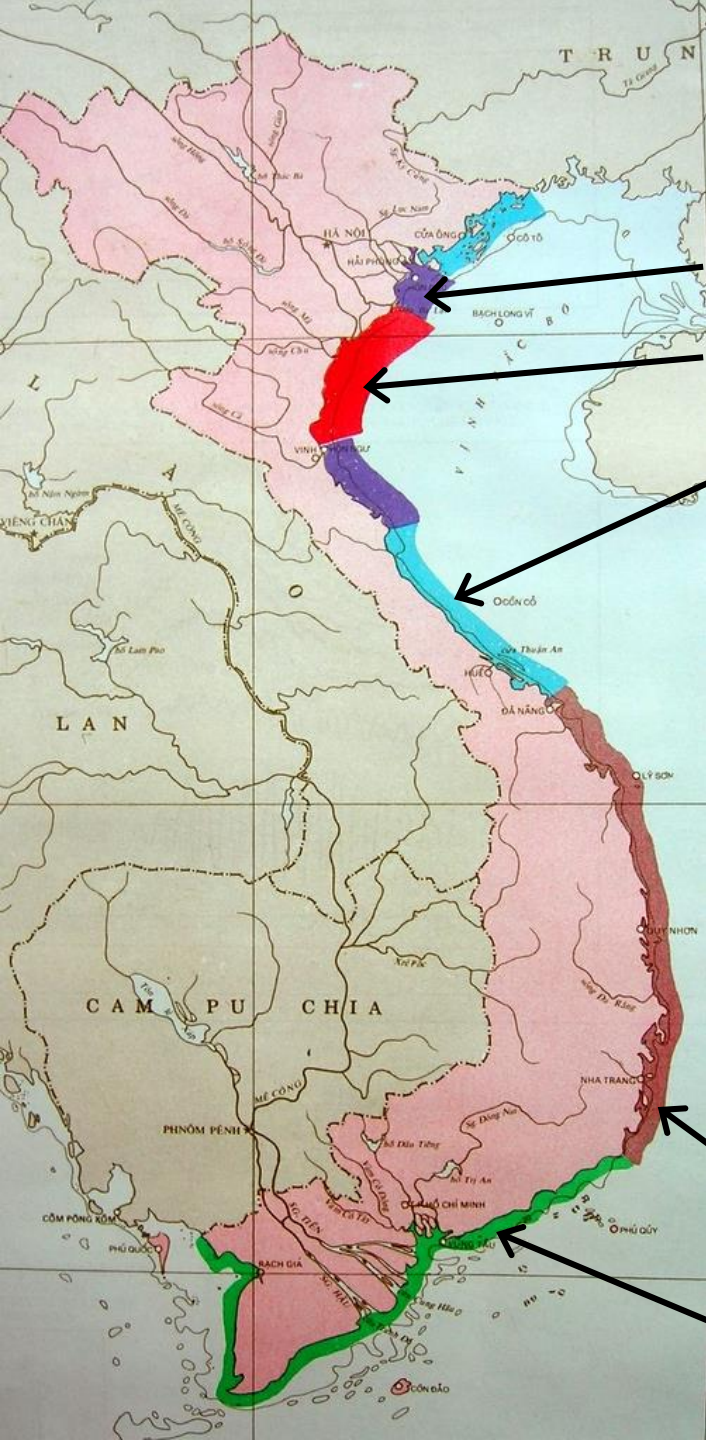


h = độ sâu nước tĩnh (m). Nếu mặt cắt ngang đáy biển đổi, cần phân đoạn để tính.

Ví dụ: MCN rộng 10 km, chia thành 6 đoạn với các độ sâu d tương ứng như trong bảng. Với U = 20 m/s và $\phi = 0$:

Section	1	2	3	4	5	6
Δx (km)	3	2	2	1	1	1
h (m)	15	10	5	2.8	1.9	1.4
h + η (m)	15.0	10.03	5.05	2.90	2.05	1.61
$\Delta \eta$ (m)	0.026	0.026	0.052	0.045	0.064	0.081
η (m)	0.03	0.05	0.10	0.15	0.21	0.29

Tổ hợp thủy triều và nước dâng do bão



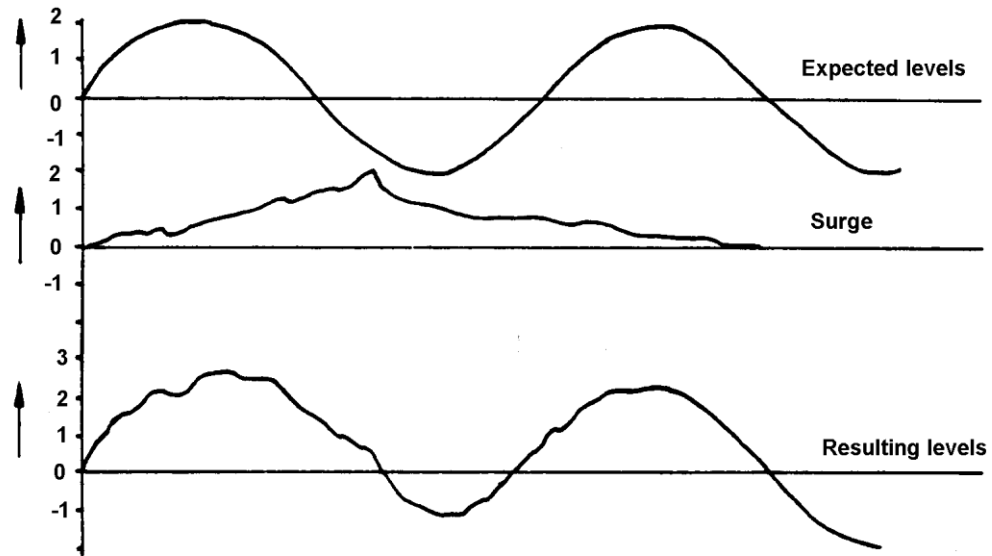
2,0–2,5 m

2,5–3,0 m

1,5–2,0 m

1–1,5 m

< 1 m



Nước biển dâng & ảnh hưởng đến bãi biển (Ch. 5)