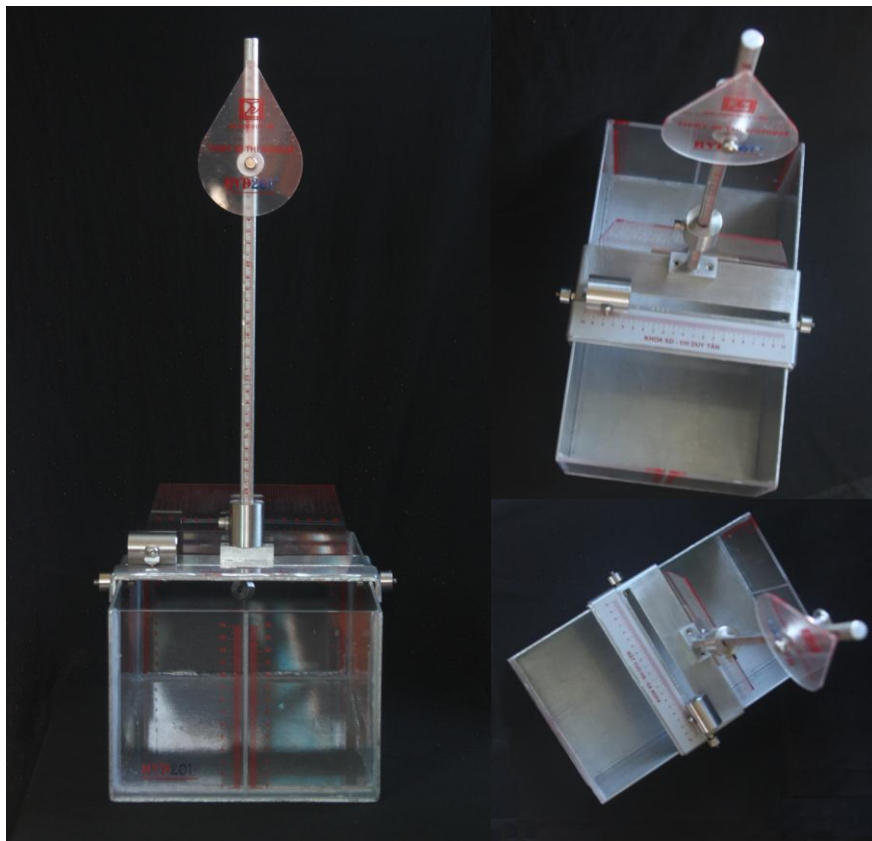


**BỘ GIÁO DỤC ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DUY TÂN
KHOA XÂY DỰNG**

-----o0o-----

**HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG
THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM
KHẢO SÁT SỰ ỔN ĐỊNH CỦA VẬT THỂ NỔI
(*STABILITY OF A FLOATING BODY*)**



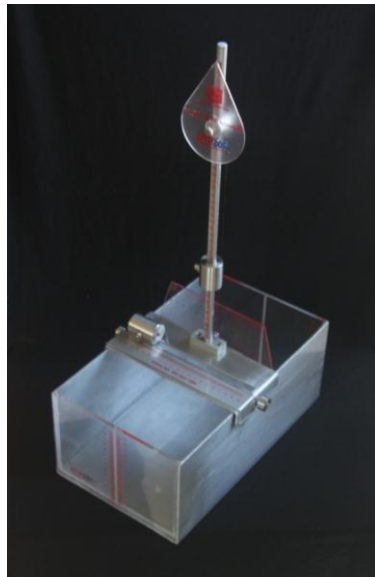
DUY TÂN – 2015

MỤC LỤC

MỤC LỤC	3
GIỚI THIỆU VỀ THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM	4
A. CẤU TẠO CỦA THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM.....	5
B. THÔNG SỐ KỸ THUẬT.....	6
C. TÍNH NĂNG CỦA THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM.....	7
D. CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	8
1. Sự ổn định của vật thể nổi trong chất lỏng.....	8
2. Xác định chiều cao ổn tính (\overline{GM}).....	9
3. Dao động của vật thể nổi.....	12
4. Ảnh hưởng của mặt chất lỏng tự do đến ổn định của vật thể nổi.....	12
E. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM	15
1. Sơ đồ làm việc	15
2. Nguyên lý tính toán	15
F. THAO TÁC THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM.....	19
1. Lắp đặt, điều chỉnh và chuẩn bị thiết bị trước khi thí nghiệm	19
2. Các bài thí nghiệm.....	19
G. TÀI LIỆU THAM KHẢO	23

THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM **HYD201+**:

KHẢO SÁT SỰ ỔN ĐỊNH CỦA VẬT THỂ NỔI (STABILITY OF A FLOATING BODY)



FEATURES

- To determine the metacentric height of a bouyancy body at various the center of weight.
- To investigate the effect of the position of the center of weight on the stability of a floating.
- To investigate the effects of free surfaces on the stability of a floatingbody.

DIMENSIONS and WEIGHTS

Dimensions:

Nett: 214mm x 362mm x 155mm

Weight: Packed 04 kg

ĐẶC TÍNH

- Xác định chiều cao ổn tính của vật thể nổi khi trọng tâm vật thể thay đổi.
- Khảo sát sự ảnh hưởng của vị trí trọng tâm đến ổn định của vật thể nổi.
- Khảo sát sự ảnh hưởng của mặt chất lỏng tự do đến ổn định của vật thể nổi.

KÍCH THƯỚC, TRỌNG LƯỢNG

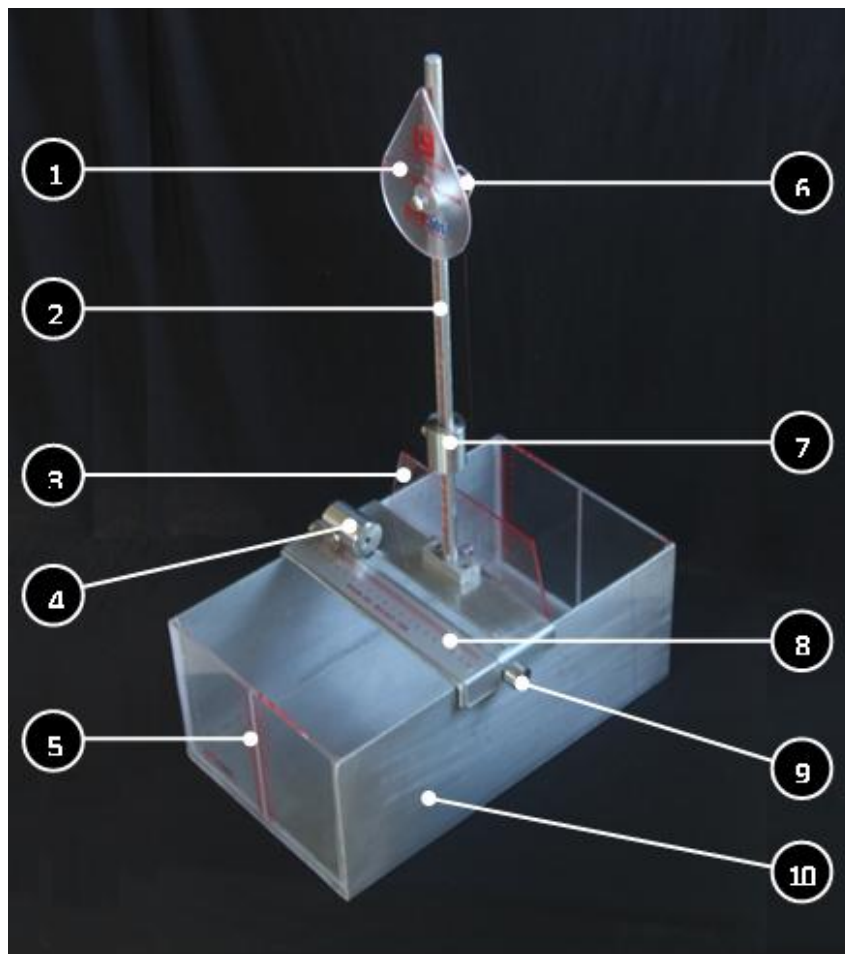
Kích thước:

214mm x 362mm x 155mm

Trọng lượng: 04 kg

Khoa Xây dựng – Đại học Duy Tân
K7/25 – Quang Trung, Thành phố Đà Nẵng

A. CẤU TẠO CỦA THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM **HYD201**⁺:



Hình 1. Cấu tạo thiết bị thí nghiệm *Khảo sát sự ổn định của vật thể nổi*.

- 1 – Logo thiết bị **HYD201**⁺.
- 2 – Cột đứng và thước đo chuyển vị của đối trọng đứng.
- 3 – Thước đo góc nghiêng của phao.
- 4 – Đối trọng ngang.
- 5 – Bảng đo độ ngập trong nước của phao.
- 6 – Khuy treo thước đo góc.
- 7 – Đối trọng đứng.
- 8 – Thước đo vị trí trên bản mặt ngang.
- 9 – Đối trọng điều chỉnh trọng tâm.
- 10 – Khối phao.

B. THÔNG SỐ KỸ THUẬT

❖ Khôi thí nghiệm

- Kích thước phao: $21,4\text{cm} \times 36,2\text{cm} \times 15,5\text{cm}$
- Cột đứng: 40cm
- Hệ đối trọng:
 - ✓ Đối trọng ngang: 250g
 - ✓ Đối trọng đứng: 202g
- Phạm vi thí nghiệm:
 - ✓ Góc hoạt động: $\pm 13^\circ$
 - ✓ Chiều cao hoạt động tối đa: 40cm
 - ✓ Chiều sâu ngập nước tối đa: 10cm

❖ Bồn chứa nước

- Kích thước: $50,0\text{cm} \times 60,0\text{cm} \times 20,0\text{cm}$

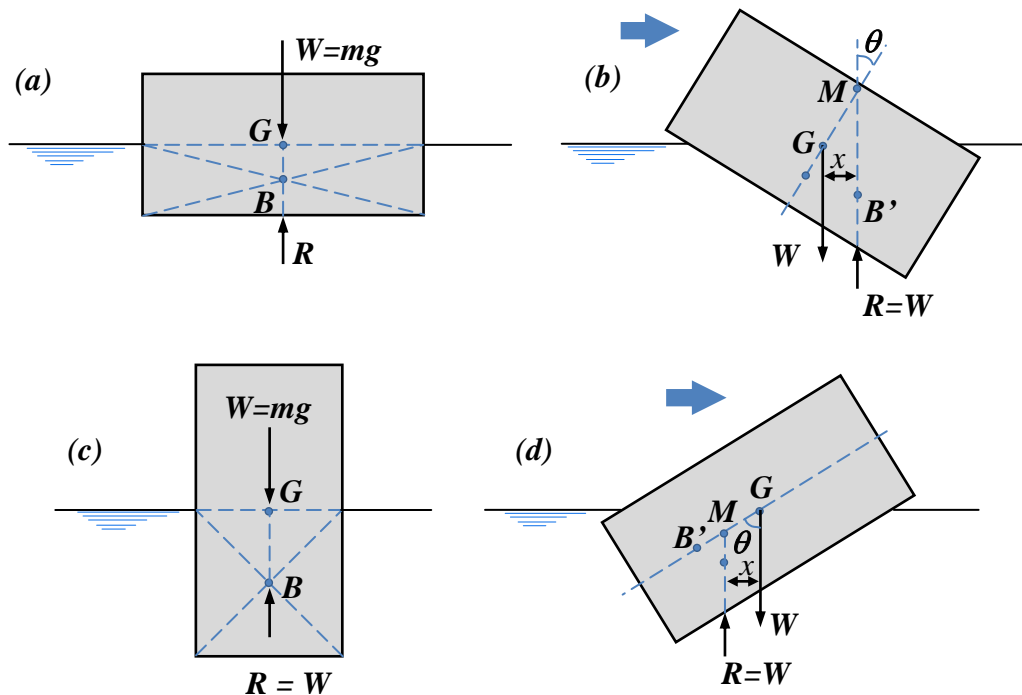
C. TÍNH NĂNG CỦA THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM **HYD201**⁺:

- Mô tả
 - Thiết bị bao gồm một phao hình hộp chữ nhật, với cột đứng gắn trên bản mặt ngang. Đồi trọng đứng có thể trượt dọc theo cột đứng. Điều chỉnh vị trí đồi trọng này để thay đổi cao độ trọng tâm của khối phao. Dây dọi được treo trên cột đứng chỉ ra góc nghiêng của khối phao trên thước đo góc.
 - Độ nghiêng của khối phao thay đổi tùy theo sự dịch chuyển của khối đồi trọng trên bản mặt ngang. Từ khoảng cách dịch chuyển x , góc nghiêng θ đo được qua thí nghiệm, cho phép sinh viên xác định được moment gây lật $M_{g.lật}$, qua đó xác định được chiều cao ổn tính của khối phao. Sau đó có thể so sánh giá trị này với phân tích lý thuyết.
 - Để thực hiện thí nghiệm này, sinh viên đặt thiết bị vào bể chứa nước. Thiết lập cao độ trọng tâm khối phao bằng cách dịch chuyển khối đồi trọng trên cột đứng. Thay đổi vị trí khối đồi trọng trên bản mặt ngang để thay đổi góc nghiêng của khối phao. Đọc giá trị khoảng cách dịch chuyển của khối đồi trọng ngang và góc nghiêng tương ứng của khối phao. Từ giá trị moment lật tính được, xác định được chiều cao ổn tính của vật nổi. So sánh giá trị tính được với kết quả tính toán từ lý thuyết thủy tĩnh học.

- Thiết bị thí nghiệm **Khảo sát sự ổn định của vật thể nổi** **HYD201**⁺ cho phép sinh viên thực hiện các nội dung thí nghiệm sau:
 - ① Xác định chiều cao ổn tính của vật thể nổi,
 - ② Khảo sát dao động của vật thể nổi.
 - ③ Khảo sát sự ổn định của vật nổi chứa chất lỏng có mặt tự do.

D. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

1. Sự ổn định của vật thể nổi trong chất lỏng:



Hình 2. Ổn định của của vật thể nổi trong chất lỏng

Hình 2a,c biểu diễn một vật thể nổi ở trạng thái cân bằng. Trọng lực ($W = mg$) tác dụng qua trọng tâm (G) và lực đẩy nổi (R) tác dụng qua tâm nổi (B) cùng trên đường tác dụng của W .

Khi vật thể bị chuyển dịch một góc θ (Hình 2b), W vẫn tác dụng qua G ; thể tích của khối chất lỏng không thay đổi do $R = W$, nhưng hình dạng của khối này thay đổi nên tâm đẩy nổi dịch chuyển từ B đến B' . Vì đường tác dụng của R và W không còn trên cùng một đường thẳng, nên tạo ra moment làm xoay vật thể. Trong Hình 2b là moment hồi phục và trong Hình 2d là moment lật.

Như vậy, căn cứ vào mối tương quan vị trí giữa trọng tâm G và tâm định khuynh M để đánh giá trạng thái cân bằng của vật thể nổi. Cụ thể như sau:

- Nếu M nằm trên G , momen hồi phục ($W \cdot \overline{GM} \cdot \theta$) đưa vật thể về vị trí cân bằng ban đầu, cân bằng ổn định và \overline{GM} có giá trị dương;
- Nếu M nằm dưới G , moment lật ($W \cdot \overline{GM} \cdot \theta$) được tạo ra làm cho vật thể quay xa vị trí cũ và tiến tới vị trí cân bằng mới, cân bằng không ổn định và \overline{GM} có giá trị âm;

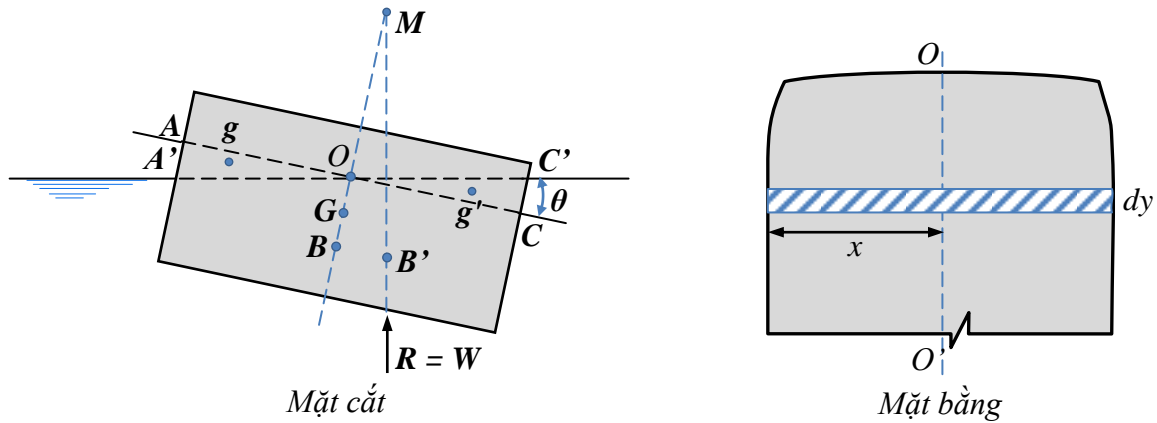
- Nếu M trùng với G , không tạo ra moment, nên vật thể vẫn ở trạng thái nghiêng, vật thể đang ở trạng thái cân bằng phiếm định.

Vì vật thể nổi có thể nghiêng theo phương bất kỳ, do đó cần phải xét đến sự ổn định của vật thể theo cả hai phương dọc và ngang.

2. Xác định chiều cao ổn tính (\overline{GM})

2.1. Theo phương pháp lý thuyết

Khi vật thể nổi nghiêng một góc nhỏ θ ($\theta < 15^\circ$), do sự thay đổi hình dạng của khối chất lỏng bị vật chiếm chỗ (Hình 3) nên tâm đáy nổi B sẽ dịch chuyển đến vị trí mới B' . Và $A'C'$ là mặt phẳng ngập nước tương ứng.



Hình 3. Xác định vị trí tâm định khuynh

Đối với nghiêng nhỏ:

$$\overline{AA'} = \overline{CC'} = \theta.x \quad (1)$$

Diện tích hình nêm AOA' và COC' :

$$A_{AOA'} = A_{COC'} = \frac{1}{2}\theta.x^2 \quad (2)$$

Xét một phần tử hình nêm có chiều dài dy như Hình 3:

- Thể tích phần tử hình nêm COC' :

$$dV_{COC'} = \frac{1}{2}\theta.x^2.dy \quad (3)$$

- Moment của phần tử hình nêm COC' với đường tâm:

$$dM_{COC} = \frac{1}{2} \theta \cdot x^2 \cdot dy \frac{2}{3} x = \frac{1}{3} \theta \cdot x^3 \cdot dy \quad (4)$$

o Moment của cả phần tử khối nêm (AOA' + COC') với đường tâm:

$$dM = \frac{2}{3} \theta \cdot x^3 \cdot dy \quad (5)$$

Tổng moment của cả khối nêm (chiều dài l) với đường tâm:

$$M = \int_0^L \frac{2}{3} \theta \cdot x^3 \cdot dy = \theta \int_0^L \frac{2}{3} \cdot x^3 \cdot dy \quad (6)$$

mà: $\int_0^L \frac{2}{3} \cdot x^3 \cdot dy = I$: moment quán tính của mặt ngập nước với đường tâm.

nên: $M = I \cdot \theta \quad (7)$

Mặt khác:

$$M = v \cdot g g' \quad (8)$$

Trong đó:

v : thể tích khối nêm chất lỏng (AOA') hay (COC')

g, g' : trọng tâm khối chất lỏng (AOA') và (COC')

$$M = I \cdot \theta = v \cdot \overline{g g'} \quad (9)$$

$$I = \frac{v \cdot \overline{g g'}}{\theta} \quad (10)$$

Mà $\overline{BB'} = \frac{v \cdot \overline{g g'}}{V} \quad (11)$

Trong đó:

V : thể tích khối chất lỏng bị vật thể nổi chiếm chỗ

và $\overline{BB'} = \overline{BM} \cdot \theta \quad (12)$

$$\overline{BM} \cdot \theta = \frac{v \cdot \overline{g g'}}{V} \quad (13)$$

hay $\overline{BM} \cdot V = \frac{v \cdot \overline{g g'}}{\theta} \quad (14)$

Thay vào phương trình (10)

$$\overline{BM} \cdot V = I \quad (15)$$

$$\overline{BM} = \frac{I}{V} \quad (16)$$

Với bề mặt ngập nước là hình chữ nhật, moment quán tính:

$$I = \frac{l.b^3}{12} \quad (17)$$

Trong đó:

l : chiều dài phao

b : chiều rộng phao

Chiều cao ổn tính:

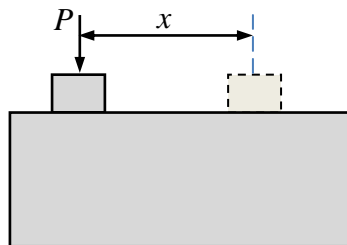
$$\overline{GM} = \overline{BM} - \overline{GB}$$

Trong đó:

\overline{GB} : khoảng cách giữa trọng tâm G và tâm đẩy nổi B .

2.2. Phương pháp thực nghiệm

Chiều cao ổn tính \overline{GM} của vật thể nổi cũng có thể được xác định thông qua góc nghiêng θ , được tạo ra bằng cách di chuyển tải trọng P một đoạn x trên bản mặt ngang (Hình 4).



Hình 4. Tải trọng P dịch chuyển ngang một đoạn x

Moment gây lật do chuyển động của tải trọng P :

$$M_{g. \text{lật}} = P.x \quad (18)$$

Nếu \overline{GM} là chiều cao ổn tính và W là tổng trọng lượng của vật thể nổi (gồm P), moment hồi phục:

$$M_{h. \text{phục}} = W. \overline{GM} . \theta \quad (19)$$

Ở trạng thái cân bằng tại vị trí nghiêng, moment hồi phục phải bằng moment lật do đó, từ phương trình (18) và (19):

$$W \cdot \overline{GM} \cdot \theta = P \cdot x \quad (20)$$

Chiều cao ổn tính:

$$\overline{GM} = \frac{P \cdot x}{W \cdot \theta} \quad (21)$$

3. Dao động của vật thể nổi:

Khi dịch chuyển một vật thể nổi ổn định nghiêng một góc θ khỏi vị trí cân bằng, nó tạo ra một moment hồi phục ($M_{h.phuc}$), được xác định theo (19)

$$M_{h.phuc} = W \cdot \overline{GM} \cdot \theta$$

Trong đó:

W : trọng lượng của vật thể nổi

\overline{GM} : chiều cao ổn tính.

Moment này sẽ tạo ra một gia tốc góc:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{M_{h.phuc}}{I_m} = -\frac{W \cdot \overline{GM} \cdot \theta}{(W/g)k^2} = -\frac{\overline{GM} \cdot \theta \cdot g}{k^2}$$

Trong đó:

I_m : moment khối lượng quán tính của vật thể nổi quanh trục quay

k : bán kính của hồi chuyển từ trục quay.

Tương ứng với dao động điều hòa, chu kỳ:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{k^2}{\overline{GM} \cdot g}} \quad (22)$$

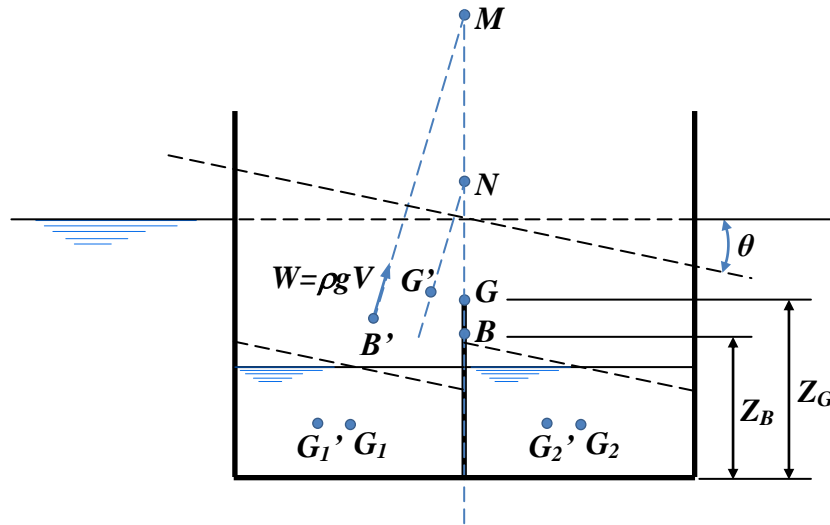
Nhận xét:

Chiều cao ổn tính lớn giúp cải thiện sự ổn định của vật thể nổi (mục 1.), nhưng tạo ra chu kỳ dao động ngắn (22) – tần số dao động lớn vì vậy sẽ gây ra cảm giác khó chịu đối với con người ở trên vật thể nổi.

4. Ảnh hưởng của mặt chất lỏng tự do đến sự ổn định của vật thể nổi:

Sự ổn định của vật thể chứa bể chứa chất lỏng có mặt tự do bị ảnh hưởng bất lợi bởi sự dịch chuyển trọng tâm của chất lỏng trong các bể.

Xét vật thể nổi có hai bể chứa chất lỏng, với trọng tâm khối chất lỏng của hai bể lần lượt là G_1 và G_2 (Hình 5).



Hình 5. Ổn định của vật thể có chứa mặt chất lỏng tự do

Khi vật thể nổi nghiêng một góc θ , trọng tâm G_1 dịch chuyển đến G'_1 và trọng tâm G_2 đến G'_2 . Khoảng cách di chuyển được tính tương tự như sự dịch chuyển $\overline{BB'}$ của tâm đẩy nổi, được xác định theo phương trình (12):

$$\overline{G_1 G'_1} = \frac{\theta \cdot I_1}{V_1} \quad (23)$$

$$\text{và} \quad \overline{G_2 G'_2} = \frac{\theta \cdot I_2}{V_2} \quad (24)$$

Trong đó:

I_1, I_2 : moment quán tính của diện tích mặt thoáng hai bể chứa,

V_1, V_2 : thể tích chất lỏng trong hai bể chứa.

Kết quả của sự chuyển dịch G_1 và G_2 là trọng tâm G của toàn hệ thống sẽ dịch chuyển đến G' .

Nếu V là thể tích chất lỏng bị thay thế bởi vật thể nổi và ρ là khối lượng riêng của chất lỏng,

$$\text{Trọng lượng của hệ thống:} \quad W = \rho \cdot g \cdot V \quad (25)$$

Nếu chất lỏng trong bể chứa có khối lượng riêng ρ_1 , trọng lượng của chất lỏng trong hai bể chứa là

$$W_1 = \rho_1 \cdot g \cdot V_1 \quad \text{và} \quad W_2 = \rho_1 \cdot g \cdot V_2$$

Khoảng cách dịch chuyển trọng tâm của hệ thống ($\overline{GG'}$) được xác định:

$$\begin{aligned}\rho \cdot g \cdot V \cdot \overline{GG'} &= \rho_1 \cdot g \cdot V_1 \cdot \overline{G_1 G'_1} + \rho_2 \cdot g \cdot V_2 \cdot \overline{G_2 G'_2} \\ \rho \cdot g \cdot V \cdot \overline{GG'} &= \frac{\rho_1 \cdot g \cdot V_1 \cdot \theta \cdot I_1}{V_1} + \frac{\rho_2 \cdot g \cdot V_2 \cdot \theta \cdot I_2}{V_2} \\ \overline{GG'} &= \frac{\rho_1 \cdot \theta \cdot (I_1 + I_2)}{\rho \cdot V}\end{aligned}\quad (26)$$

Lúc này, giao điểm của đường thẳng qua B' vuông góc với mặt nghiêng và đường thẳng đứng ban đầu qua G là tâm định khuynh M . Và đường tác dụng trọng lực W qua G' (thay vì G) sẽ cắt đường thẳng đứng ban đầu tại N . Do đó làm giảm chiều cao ổn tính từ \overline{GM} xuống còn \overline{NM} . \overline{NM} được gọi là chiều cao ổn tính hiệu quả, xác định theo phương trình:

$$\overline{NM} = Z_B + \overline{BM} - (Z_G + \overline{GN}) \quad (27)$$

vì $\overline{BM} = \frac{I}{V}$ và $\overline{GN} = \frac{\overline{GG'}}{\theta} = \frac{\rho_1 \cdot (I_1 + I_2)}{\rho \cdot V}$

$$\overline{NM} = Z_B - Z_G + \frac{I - \frac{\rho_1}{\rho} \cdot (I_1 + I_2)}{V} \quad (28)$$

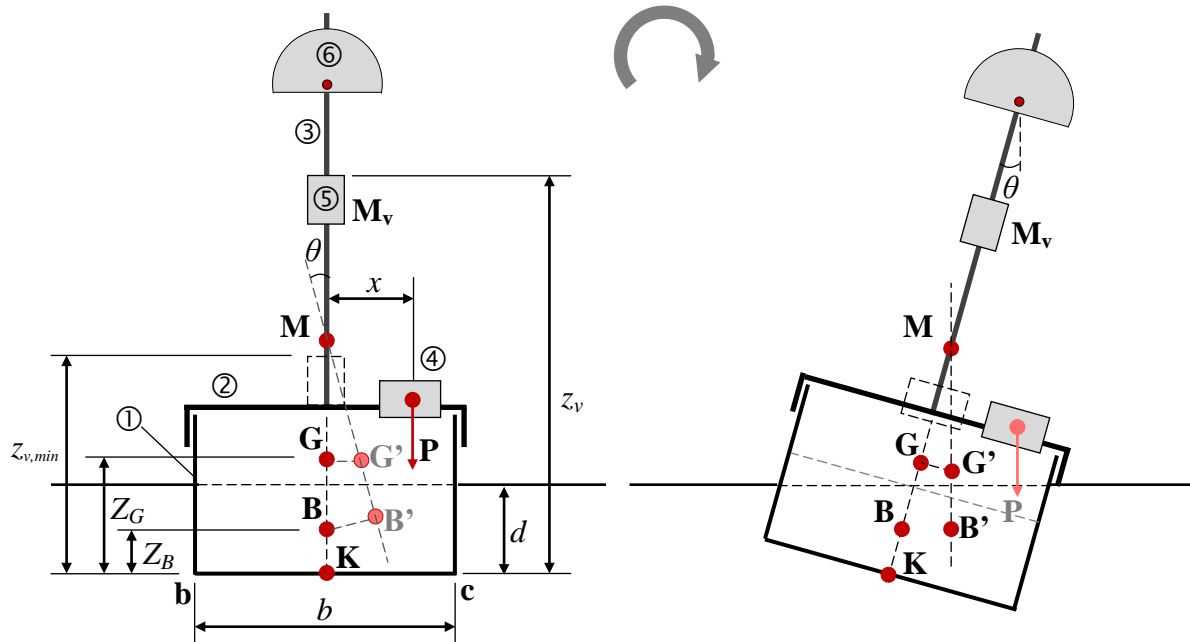
Nhận xét:

Khi có bể chứa, chiều cao ổn tính của vật thể nổi giảm từ \overline{GM} xuống còn \overline{NM} nên làm giảm sự ổn định.

Việc phân chia nhỏ các bể chứa làm giảm moment quán tính I_1, I_2, \dots , dẫn đến chiều cao ổn tính hiệu quả \overline{NM} tăng, giúp cải thiện sự ổn định của toàn bộ vật thể nổi.

E. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM **HYD201⁺**:

1. Sơ đồ làm việc



① - Khối phao nổi ($b \times l \times h$)

② - Bản mặt ngang

③ - Cột đứng

④ - Đối trọng ngang

⑤ - Đối trọng đứng

⑥ - Thước đo góc nghiêng (θ)

Hình 6. Sơ đồ làm việc của thiết bị thí nghiệm.

Mô tả: Thiết bị gồm khối phao hình hộp chữ nhật ① được đặt nổi trong bể chứa nước. Trọng tâm của khối phao có thể thay đổi (theo phương đứng và ngang) bằng cách dịch chuyển đối trọng đứng ⑤ dọc cột đứng ③ và đối trọng ngang ④ trong rãnh trên bản mặt ngang ②. Góc nghiêng của khối phao thể hiện trên thước đo góc ⑥ trong quá trình thực hiện thí nghiệm (Hình 6).

2. Nguyên lý tính toán

2.1. Thí nghiệm 1: Xác định chiều cao ổn tính của vật thể nổi

Để xác định chiều cao ổn tính (\overline{GM}) của phao nổi ① ngập trong nước, dựa trên nguyên lý cân bằng moment của hệ thống đối với tâm định khuynh (M) của khối phao. Trong điều kiện thí nghiệm, khi đối trọng ngang dịch chuyển khỏi vị trí ban đầu một đoạn x (Hình 6), khối phao chịu tác dụng:

- Moment của đối trọng ngang P

- Moment hồi phục của lực đẩy nổi do sự thay đổi phần thể tích ngập nước của khối phao.

❖ **Dựa vào vị trí di chuyển của đối trọng ngang trong thí nghiệm**

Chiều cao ổn tính được xác định từ phương trình cân bằng moment, theo đó:

$$\overline{GM} = \frac{Px}{W.\theta}$$

Trong đó

P : trọng lượng của đối trọng ngang.

x : khoảng cách giữa đối trọng ngang và cột đứng.

❖ **Dựa vào đặc trưng hình học và độ sâu của ngập nước của khối phao**

Chiều cao ổn tính, \overline{GM} , được xác định:

$$\overline{GM} = \overline{BM} - \overline{BG}$$

Bán kính ổn tính, \overline{BM} , được tính theo:

$$\overline{BM} = \frac{I}{V}$$

Trong đó:

I : moment quán tính của diện tích mặt nổi với trục qua trọng tâm vuông góc với mặt phẳng quay.

V : thể tích khối phao ngập trong nước.

$$V = \frac{R}{\gamma} = \frac{W}{\gamma} \quad \text{với } \gamma \text{ là trọng lượng riêng của nước}$$

Độ sâu ngập nước (d):

$$d = \frac{V}{b.l}$$

Khoảng cách giữa tâm đẩy nổi (B) và trọng tâm (G):

$$\overline{BG} = Z_G - Z_B = Z_G - \frac{d}{2}$$

Trong đó:

Z_B : cao độ tâm đẩy nổi, cách đáy phao một đoạn $d/2$

Z_G : cao độ trọng tâm khối phao.

2.2. Thí nghiệm 2: Khảo sát dao động của vật thể nổi

Mục đích của thí nghiệm là cho thấy sự ảnh hưởng của vị trí trọng tâm G của vật thể nổi đến chu kỳ dao động của nó.

Với thí nghiệm này, dao động của khối phao ① được gây ra do moment hồi phục (hình thành khi khối phao nghiêng một góc θ khỏi vị trí cân bằng) là dao động điều hòa.

- Moment hồi phục được xác định:

$$M_{h.phuc} = W \cdot \overline{GM} \cdot \sin\theta \quad (\text{với } \theta \text{ nhỏ: } \theta = \sin\theta)$$

- Gia tốc góc:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{M_{h.phuc}}{I_m} = -\frac{W \cdot \overline{GM} \cdot \theta}{(W/g)k^2} = -\frac{\overline{GM} \cdot \theta \cdot g}{k^2}$$

Trong đó:

I_m : moment khối lượng quán tính của khối phao với trục quay

k : bán kính của hồi chuyển.

- Chu kỳ dao động:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{k^2}{\overline{GM} \cdot g}}$$

- Bán kính hồi chuyển:

$$k = \frac{T}{2\pi} \cdot \sqrt{\overline{GM} \cdot g}$$

2.3. Thí nghiệm 3: Ảnh hưởng của mặt chất lỏng tự do đến ổn định của vật thể nổi

Khi có bể chứa chất lỏng, chiều cao ổn tính của vật thể nổi giảm từ \overline{GM} xuống còn \overline{NM} . Do đó việc đánh giá ổn định của vật thể nổi trong trường hợp này dựa vào chiều cao ổn tính hiệu quả \overline{NM} .

Trong thí nghiệm này, yêu cầu sinh viên:

- Quan sát dao động của vật thể nổi trong hai trường hợp có một bể chứa và hai bể chứa. Thông qua việc xác định chu kỳ dao động sẽ đánh giá sự ổn định của vật thể nổi. Chu kỳ dao động nhỏ, vật thể nổi sẽ ổn định hơn.

- Tính toán chiều cao ổn định hiệu quả \overline{NM} cho hai trường hợp nêu trên. Giá trị \overline{NM} tính toán lớn hơn, vật thể nổi sẽ ổn định hơn. Chiều cao ổn định hiệu quả xác định theo công thức:

$$\overline{NM} = Z_B - Z_G + \frac{I - \frac{\rho_1}{\rho} \cdot (I_1 + I_2)}{V}$$

- So sánh kết quả quan sát với kết quả tính toán.

F. THAO THÁC THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM **HYD201⁺**:

1. Lắp ráp, điều chỉnh và chuẩn bị thiết bị trước khi thí nghiệm

- ① Lắp ráp khối phao bao gồm: phao, cột đứng, bản mặt ngang, thước đo góc và hai các khối đối trọng đứng, ngang.
- ② Kiểm tra khả năng chuyển động đối trọng đứng, đối trọng ngang và trục xoay của thước đo góc. Sau đó dùng vít hãm cố định vị trí đối trọng đứng tại chân cột đứng, đối trọng ngang giữa bản mặt ngang.
- ③ Đặt thiết bị thí nghiệm trên một vị trí vững chắc và bằng phẳng; kiểm tra vị trí bản mặt ngang và cột đứng bằng thước cân bằng; kiểm tra giá trị 0^0 của dây dọi đo góc.
- ④ Đặt khối phao vào bể chứa nước, điều chỉnh vị trí bản mặt ngang và bộ đối trọng điều chỉnh trọng tâm để trọng tâm khối phao nằm trên trục tâm. Điều này đạt được khi giá trị độ ngập của phao ở bản mặt trước, sau bằng nhau và giá trị đo góc bằng 0^0 .
- ⑤ Xác định vị trí trọng tâm ban đầu (G) cho toàn bộ khối phao bằng cách:
 - Dùng chỉ buộc cố định con dọi thước đo góc
 - Tựa mặt bên khối phao lên đầu nhọn của thiết bị xác định trọng tâm. Điều chỉnh vị trí điểm tựa cho đến khi mặt bên khối phao (hoặc cột đứng) ở vị trí nằm ngang.
 - Đo, ghi lại khoảng cách $Z_{G,min}$ từ trọng tâm (G) đến đáy phao (K)
- ⑥ Thả nổi khối phao vào bể chứa nước và đo độ ngập của khối phao, d , trong nước. So sánh với giá trị tính toán (theo công thức lý thuyết).

2. Các bài thí nghiệm

2.1. Thí nghiệm xác định chiều cao ổn tính (\overline{GM})

❖ *Trình tự thí nghiệm*

- ① Dịch chuyển đối trọng trên bản mặt ngang qua phải theo gia số $10mm$ và ghi lại góc nghiêng (θ) của phao tương ứng mỗi vị trí. Lặp lại quá trình này khi đối trọng được dịch chuyển qua trái.

- ② Thay đổi vị trí trọng tâm (G) của khối phao bằng cách di chuyển đối trọng trên cột đứng. Đối với mỗi vị trí mới của G , lặp lại thí nghiệm ở bước 2
- ③ Xác định chiều cao ổn tính, \overline{GM} cho các trường hợp đo bên trên.

❖ **Bảng tính toán**

Bảng 1: Bảng mẫu tính toán thí nghiệm xác định chiều cao ổn tính \overline{GM} .

TT	z_v (cm)	Z_G (cm)	$\theta_{trái}$ (độ)	$\theta_{phải}$ (độ)	θ (độ)	\overline{GM}_m (cm)	\overline{BM} (cm)	\overline{BG} (cm)	\overline{GM}_t (cm)	Sai số (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)

❖ **Ví dụ tính toán**

○ **Thông số cơ bản của máy:**

- Chiều rộng phao: $b = 21,4 \text{ cm}$
- Chiều dài phao: $l = 36,2 \text{ cm}$
- Trọng lượng khối phao: $W = 3862,0 \text{ G}$
- Trọng lượng đối trọng đứng: $M_v = 202,0 \text{ G}$
- Trọng lượng đối trọng ngang: $P = 250,0 \text{ G}$

Khi đối trọng đứng tại chân cột đứng:

- Cao độ đối trọng đứng (mặt trên): $z_{v,min} = 18,9 \text{ cm}$
- Cao độ trọng tâm khối phao: $Z_{G,min} = 8,3 \text{ cm}$

Thực hiện thí nghiệm với

- Cao độ đối trọng đứng (mặt trên): $z_v = 25,0 \text{ cm}$
- Vị trí đối trọng ngang: $x = 2 \text{ cm}$

Đo được:

- Góc nghiêng của khối phao: $\theta_{trái} = 5,5^0$
- $\theta_{phải} = 5,6^0$
- $$\theta = \frac{\theta_{trái} + \theta_{phải}}{2} = 5,55^0$$

○ **Nội dung tính toán:** xác định chiều cao ổn tính \overline{GM}

- Độ ngập của khối phao: $d = \frac{W}{b.l.\gamma} = 5,1 \text{ cm}$

Cao độ trọng tâm khối phao: $Z_G = Z_{G,\min} + \frac{M_v \cdot (z_v - z_{v,\min})}{W} = 8,62 \text{ cm}$

Chiều cao ổn tính (\overline{GM})

Theo lý thuyết (\overline{GM}_{lt}):

- Bán kính ổn tính, \overline{BM} : $\overline{BM} = \frac{I}{V} = \frac{b^2}{12d} = 7,48 \text{ cm}$

- Khoảng cách \overline{BG} : $\overline{BG} = Z_G - \frac{d}{2} = 6,07 \text{ cm}$

$$\overline{GM}_{lt} = \overline{BM} - \overline{BG} = 1,41 \text{ cm}$$

Theo thực nghiệm (\overline{GM}_m):

$$\overline{GM}_m = \frac{P \cdot x}{W \cdot \theta} = 1,34 \text{ cm}$$

Sai số thí nghiệm:

$$\Delta_{\overline{GM}} = \frac{\overline{GM}_m - \text{theo.} \overline{GM}_{lt}}{\overline{GM}_{lt}} \cdot 100\% = -5,33\%$$

2.2. Thí nghiệm khảo sát dao động của vật thể nổi

❖ Trình tự thí nghiệm

- ① Dịch chuyển đổi trọng trên cột đứng để thay đổi vị trí trọng tâm của khối phao.
- ② Tương ứng với mỗi vị trí của trọng tâm (G), dùng tay kéo khối phao nghiêng một góc bất kỳ.
- ③ Đo độ ngập của khối phao bằng cách đọc giá trị $d_{trái}$, $d_{phải}$ ở bản mặt sau.
- ④ Tạo dao động cho khối phao bằng cách thả tay, đồng thời dùng đồng hồ bấm giây để xác định chu kỳ đầu tiên (T) của dao động.
- ⑤ Xác định bán kính hồi chuyển (k).

❖ Bảng tính toán

Bảng 2: Bảng mẫu tính toán thí nghiệm khảo sát dao động của vật thể nổi.

TT	z_v (cm)	$d_{trái}$ (cm)	$d_{phải}$ (cm)	T (s)	d (cm)	Z (cm)	BM (cm)	BG (cm)	Theo. GM (cm)	k (cm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)

❖ Ví dụ tính toán

Thực hiện thí nghiệm với

$$\text{Cao độ đối trọng đứng (mặt trên): } z_v = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Độ ngập khối phao khi nghiêng: } d_{\text{trái}} = 3,0 \text{ cm}$$

$$d_{\text{phải}} = 6,6 \text{ cm}$$

Đo được:

$$\text{Chu kỳ dao động: } T = 2,08 \text{ s}$$

Quan sát dao động của khối phao với vị trí trọng tâm thay đổi.

Nội dung tính toán: xác định bán kính hồi chuyển k

$$\text{Độ ngập trung bình khối phao: } d = \frac{d_{\text{trái}} + d_{\text{phải}}}{2} = 4,8 \text{ cm}$$

$$\text{Cao độ trọng tâm khối phao: } Z_G = Z_{G,\text{min}} + \frac{M_v \cdot (z_v - z_{v,\text{min}})}{W} = 8,62 \text{ cm}$$

Chiều cao ổn tính (\overline{GM}) (theo phương pháp lý thuyết):

$$\bullet \text{ Bán kính ổn tính, } \overline{BM}: \quad \overline{BM} = \frac{I}{V} = \frac{b^2}{12d} = 7,48 \text{ cm}$$

$$\bullet \text{ Khoảng cách } \overline{BG}: \quad \overline{BG} = Z_G - \frac{d}{2} = 6,07 \text{ cm}$$

$$\overline{GM}_H = \overline{BM} - \overline{BG} = 1,41 \text{ cm}$$

$$\text{Bán kính hồi chuyển: } k = \frac{T \cdot \sqrt{\overline{GM} \cdot g}}{2\pi} = 12,17 \text{ cm}$$

2.3. Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của mặt chất lỏng tự do đến ổn định của vật nổi.

❖ Trình tự thí nghiệm

- ① Đổ một lớp chất lỏng có chiều cao h vào bên trong khối phao.
- ② Tạo dao động và đo chu kỳ dao động T_1 của khối phao.
- ③ Lắp tấm ngăn chia khối phao thành hai bể chứa.
- ④ Tạo dao động và đo chu kỳ dao động T_2 của khối phao.
- ⑤ So sánh chu kỳ dao động T_1, T_2 và giải thích hiện tượng.
- ⑥ Xác định chiều cao ổn tính hiệu quả \overline{NM} .

❖ Ví dụ tính toán

Thực hiện thí nghiệm với

Cao độ đối trọng đứng (mặt trên):	z_v	cm
Cao độ lớp nước trong phao:	h	cm
Trọng lượng khối phao (có nước):	W	G
Độ ngập khối phao:	d	cm
Chu kỳ dao động:	T	s

Nội dung tính toán:

Thể tích khối phao ngập:	V	cm^3
Cao độ tâm đẩy nổi:	$Z_B = \frac{d}{2}$	cm
Cao độ trọng tâm khối phao:	$Z_G = Z_{G,\min} + \frac{M_v \cdot (z_v - z_{v,\min})}{W}$	cm
Moment quán tính toàn phao:	$I = \frac{l \cdot b^3}{12}$	cm^4
Moment quán tính bề chứa:	$I_b = \frac{l \cdot (b/2)^3}{12}$	cm^4
Bán kính ổn tính, \overline{BM} :	$\overline{BM} = \frac{I}{V} = \frac{b^2}{12d}$	cm
Khoảng cách \overline{GN} :	$\overline{GN} = \frac{I}{V} \cdot \frac{\rho_1}{\rho} \cdot (I_1 + I_2)$	cm
Chiều cao ổn tính hiệu quả:	$\overline{NM} = Z_B + \overline{BM} - (Z_G + \overline{GN})$	cm

G. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] *Thuyết minh đề tài NCKH: Thiết kế, chế tạo thiết bị thí nghiệm Khảo sát sự ổn định của vật thể nổi*, Đại học Duy Tân, 2015.

[2] *Fluid mechanics*, JF Douglas, JM Gasiorek and JA Swaffield, Longman Scientific & Technical, second edition, 1986.

[3] *Ship Stability for Masters and Mates*, C.B. Barrass and D.R. Derrett, Butterworth-Heinemann, sixth edition, 2006.

Print A5:

24,1,2,23,22,3,4,21,20,5,6,19,18,7,8,17,16,9,10,15,14,11,12,13

