TP N°4: DEVICE FOR DETERMINING THE HEIGHT METACENTRIC

Person in charge: Mrs Benkherbache S
Prepared by Berke is my

I. Aim of the experiment: The determination of the metacentric height

II. Device Description

The device consists essentially of a pontoon (1) and a water tank that serves as a flotation vessel. The rectangular pontoon has a vertical moving weight (2) that allows the height of the center of gravity to be adjusted and a horizontal moving weight (3) that allows a defined heeling torque to be generated. The weights can be fixed using knurled screws. The position (4.5) of the weights as well as the draft (6) of the pontoon can be read on the graduations. A graduated list indicator (7) is also available.

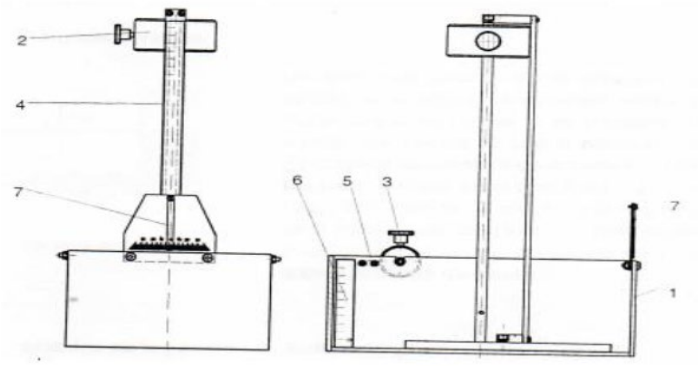


Fig. II 1 Side and front view of the Metacentric device

III. Theoretical reminders

III.1 Vertical thrust:

A body floats in a liquid when the vertical thrust of the fully submerged body is greater than its weight. It will only plunge into the liquid until the vertical thrust FA coincides exactly with its self-weight FG. The vertical thrust then corresponds to the weight of the water pushed back by the body. The center of gravity of the displaced body of water is called the center of thrust A. The center of gravity of the body is called the center of mass S.

III.2 Stability of the buoyancy position

When the body floats stably, the vertical thrust FA and the self-weight FG have the same line of action and the same opposite magnitude (Fig.2).

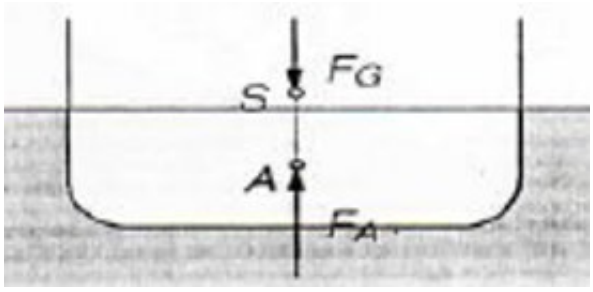


***Fig.* II 2 Vertical thrust**

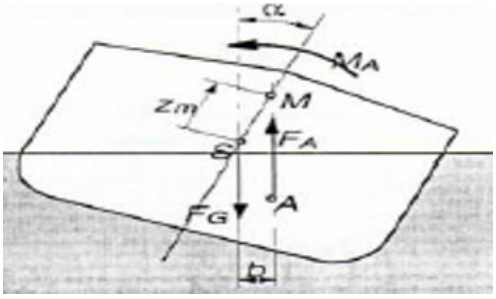


Fig. II 3 Metacenter and metacentric height

The center of mass S doesn't need to be below the center of thrust A to obtain a stable position. On the other hand, in the event of a deviation or a α heel, it is important to have a stabilizing restoring torque (Fig.3). The self-weight FG and thrust of the vertical FA then form a pair of forces of deviation b which provides a righting torque. This deviation provides a measure for stability, or the deviation between the center of gravity and the point of intersection of the line of action of the vertical thrust and the axis of gravity. This point of intersection is called **the metacenter M** and the difference between the center of gravity and the metacenter is called **the metacentric height Zm.**

- **The body floats stably** when the metacentric height Zm is positive, and the metacenter M is above the center of gravity S; Zm>0 (Fig.4).
- **The body floats unstably** when the metacentric height Zm is negative, and the metacenter M is below the center of gravity S Zm<0. (Fig.4).

III.3 Determination of the position of the metacenter

The position of the metacenter is independent of the position of the center of gravity. It depends solely on the shape of the submerged part of the body as well as on the repression.

With the help of an additional weight, the centre of gravity is first moved laterally by a defined constant value x_s to force a heel. An additional vertical shift in the centre of gravity changes the heel α. Then, we define a stability gradient, formed by the derivation ($dx_s/d\alpha$). As the vertical centre of gravity approaches the metacentre, the stability gradient decreases. By the time the center of gravity coincides with the metacenter, the gradient is zero and the system is metastable.

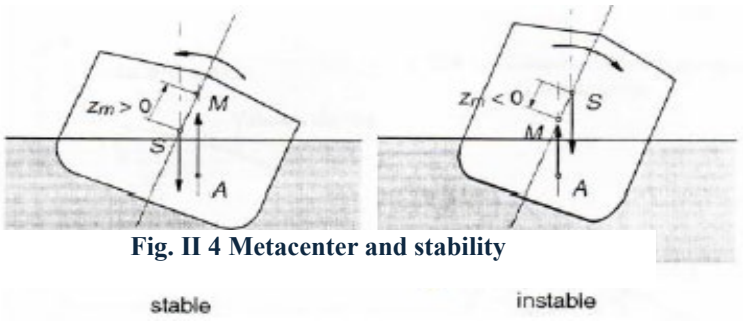


Fig. II 4 Metacenter and stability

The easiest way to solve this problem is to use a graph (fig.5). The vertical center of gravity is applied above the stability gradient. We draw a curve that passes through the measurement points and we extend it to the vertical axis. The intersection with the vertical axis indicates the position of the metacenter ($dx_s/d\alpha = 0$)

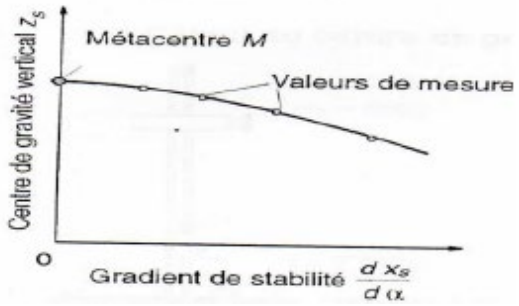


Fig.II 5 Graphical determination of the metacenter

III.4 Calculation of the center of gravity

From a set position of the moving weights, the position of the total center of gravity (x_s , z_s will first be determined). The horizontal position refers to the midline.

$$x_s = \frac{m_h x}{m + m_v + m_h} = 0.055\ X$$

The upright position refers to the lower part of the floating body.

$$x_s = \frac{m_v z + (m+m_h) z_g}{m+m_v+m_h} = 0.055\ X$$

The stability gradient ($dx_s/d\alpha = x/s$).

VI Conducting the experiment

- Adjust the horizontal moving weight to a position x=4cm.
- Adjust the vertical weight to the lower position.
- Fill the tub with water and put the body in it.
- Gradually raise the vertical moving weight and read the angle on the heel indicator.
- Read the height of the moving weight on the top edge of the weight and write it with the angle in the table.
- Repeat for a position x=8cm

	Horizontal weight position x=4cm Position of the center of gravity x_s=.....				
Vertical Weight Height	3cm	6cm	9cm	12cm	15cm
Angle α					
Position of the center of gravity zs					
Stability gradient ($dx_s/d\alpha$).					

	Horizontal weight position x=8cm Position of the center of gravity x_s=.....				
Vertical Weight Height	3cm	6cm	9cm	12cm	15cm
Angle α					
Position of the center of gravity z_s					
Stability gradient ($dx_s/d\alpha$).					

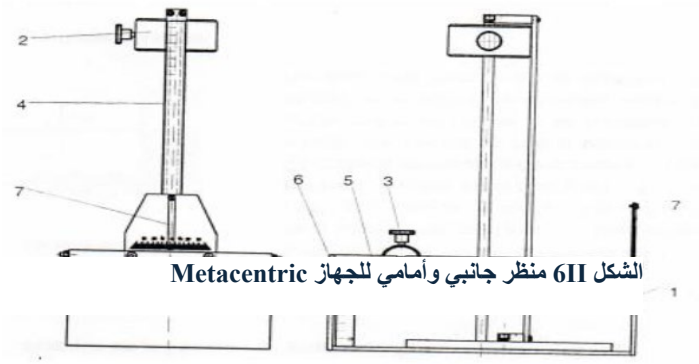
Work required

1. Calculate the position of the center of gravity XS and the stability gradient ($dx_s/d\alpha$). with the formulas indicated in the theory.
2. Plot zs graphs based on ($dx_s/d\alpha$) for both horizontal positions x=4cm and x=8cm.
3. Determine the positions of the metacentric height graphically.
4. Give the stability condition of floaters.

I الهدف من التجربة: تحديد الارتفاع فوق المركزي

II وصف الجهاز

يتكون الجهاز بشكل أساسي من عائم (1) وخزان مياه يعمل كوعاء تعويم. يحتوي العائم المستطيل على وزن متحرك رأسي (2) يسمح بضبط ارتفاع مركز الثقل ووزن متحرك أفقي (3) يسمح بتوليد عزم دوران محدد للكعب. يمكن تثبيت الأوزان باستخدام مسامير مخرشة. يمكن قراءة الموضع (4.5) للأوزان وكذلك المسودة (6) للعائم على التخرجات. يتوفر أيضا مؤشر قائمة متدرجة (7).



الشكل 6II منظر جانبي وأمامي للجهاز Metacentric

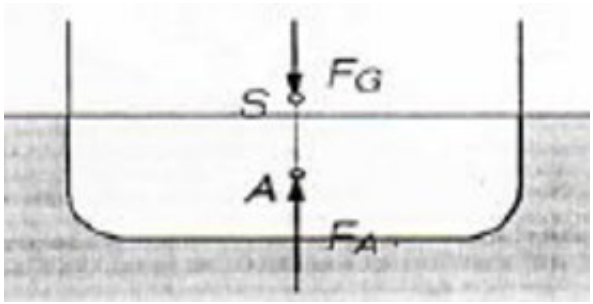
III تذكيرات نظرية

III.1 الدفع الرأسي:

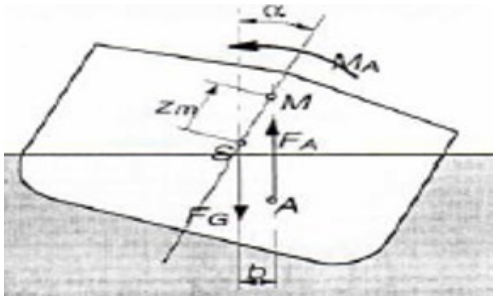
يطفو الجسم في سائل عندما يكون الدفع الرأسي للجسم المغمور بالكامل أكبر من وزنه. سوف يغرق فقط في السائل حتى يتزامن الدفع الرأسي FA تماما مع FG ذاتي الوزن. ثم يتوافق الدفع الرأسي مع وزن الماء الذي يدفعه الجسم للخلف. يسمى مركز ثقل الجسم المائي النازح بمركز الدفع أ. يسمى مركز ثقل الجسم مركز الكتلة S.

III.2 استقرار موضع الطفو

عندما يطفو الجسم بثبات ، فإن الدفع الرأسي FA و FG ذو الوزن الذاتي لهما نفس خط العمل ونفس الحجم المعاكس (الشكل 2).



الثاني 7 I I الدفع العمود



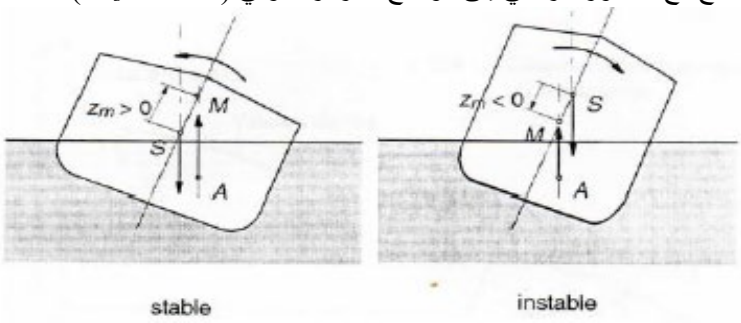
الشكل الثاني 8 I I مركز الثقل والارتفاع المركزي الفوقي والمركز

لا يلزم أن يكون مركز الكتلة S أسفل مركز الدفع A للحصول على موضع مستقر. من ناحية أخرى ، في حالة حدوث انحراف أو كعب α ، من المهم أن يكون لديك عزم دوران لاستعادة التثبيت (الشكل 3). ثم يشكل FG ذو الوزن الذاتي ودفع FA الرأسي زوجا من قوى الانحراف b التي توفر عزم دوران صحيح. يوفر هذا الانحراف مقياسا للاستقرار ، أو الانحراف بين مركز الثقل ونقطة تقاطع خط عمل الدفع الرأسي ومحور الجاذبية. تسمى نقطة التقاطع هذه **المركز الفوقي M** والفرق بين مركز الثقل والمركز الفوقي يسمى **الارتفاع فوق المركزية Zm.**

- **يطفو الجسم بثبات** عندما يكون الارتفاع المتمركزة Zm موجبا ، ويكون المركز الفوقي M فوق مركز الثقل S ؛ Zm>0 (الشكل 4).
- **يطفو الجسم بشكل غير مستقر** عندما يكون الارتفاع المتمركزي Zm سالبا ، ويكون المركز الفوقي M أسفل مركز الثقل S. Zm<0 (الشكل 4).

III.3 تحديد موقع المركز الفوقي

موقع المركز الفوقي مستقل عن موضع مركز الثقل. يعتمد فقط على شكل الجزء المغمور من الجسم وكذلك على القمع.
بمساعدة وزن إضافي ، يتم تحريك مركز الثقل أولا بشكل جانبي بقيمة ثابتة محددة x_s لإجبار الكعب. يؤدي التحول الرأسي الإضافي في مركز الثقل إلى تغيير α الكعب. بعد ذلك ، نحدد تدرج الاستقرار ، الذي يتكون من الاشتقاق ($dx_s/ d\alpha$). عندما يقترب مركز الثقل الرأسي من المركز الفوقي ، ينخفض تدرج الاستقرار. بحلول الوقت الذي يتزامن فيه مركز الثقل مع المركز الفوقي ، يكون التدرج صفرا ويكون النظام غير مستقر.
أسهل طريقة لحل هذه المشكلة هي استخدام رسم بياني (الشكل 5). يتم تطبيق مركز الثقل الرأسي فوق تدرج الاستقرار. نرسم منحنى يمر عبر نقاط القياس ونمده إلى المحور الرأسي. يشير التقاطع مع المحور الرأسي إلى موضع المركز الفوقي ($dx_s/ d\alpha = 0$)



الشكل II 9 المركز الفوقي والاستقرار

III - 4 حساب مركز الثقل

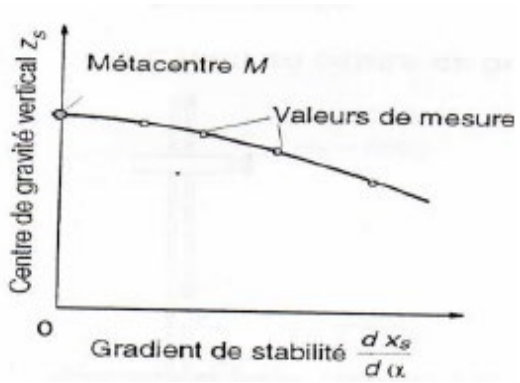
من موضع محدد للأوزان المتحركة ، سيتم أولا تحديد موضع مركز الثقل الكلي (x_s ، z_s). يشير الوضع الأفقي إلى خط الوسط.

$$x_s = \frac{m_h x}{m + m_v + m_h} = 0.055\ X$$

يشير الوضع الرأسي إلى الجزء السفلي من الجسم العائم.

$$x_s = \frac{m_v z + (m + m_h) z_g}{m + m_v + m_h} = 0.055\ X$$

تدرج الاستقرار ($dx_s / d\alpha = x / s$).



الشكل II 10 التحديد الرسومي للمركز الفوقي

VI إجراء التجربة

- اضبط الوزن المتحرك الأفقي على الموضع x = 4 سم.
- اضبط الوزن الرأسي على الموضع السفلي.
- املأ الحوض بالماء وضع الجسم فيه.
- ارفع الوزن المتحرك الرأسي تدريجيا واقرأ الزاوية الموجودة على مؤشر الكعب.
- اقرأ ارتفاع الوزن المتحرك على الحافة العلوية للوزن واكتبه بالزاوية الموجودة في الجدول.
- كرر لموضع x = 8 سم

	موضع الوزن الأفقي x = 4 سم موضع مركز الثقل xs = ...				
ارتفاع الوزن العمودي	3 سم	6 سم	9 سم	12 سم	15 سم
زاوية α					
موضع مركز الثقل zs					
تدرج الاستقرار $(dx_s / d\alpha)$.					

	موضع الوزن الأفقي x = 8 سم موضع مركز الثقل xs = ...				
ارتفاع الوزن العمودي	3 سم	6 سم	9 سم	12 سم	15 سم
زاوية α					
موضع مركز الثقل zs					
تدرج الاستقرار $(dx_s / d\alpha)$.					

العمل المطلوب

1. احسب موضع مركز الثقل XS وتدرج الاستقرار $(dx_s / d\alpha)$. باستخدام الصيغ الموضحة في النظرية.
2. ارسم الرسوم البيانية zs بناء على $(dx_s / d\alpha)$ لكل من الموضعين الأفقيين x = 4 سم و x = 8 سم.
3. تحديد مواضع الارتفاع المركزي بيانيا.
4. إعطاء حالة استقرار العوامات.