

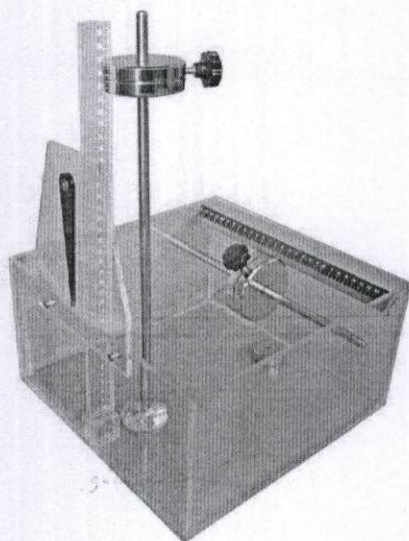
فهرست دستورالعمل دستگاه

- ۱ هدف
- ۱ مقدمه
- ۱ شرح دستگاه
- ۲ روش کار با دستگاه

هدف

بررسی شناوری

تعیین مرکز ثقل، مرکز شناوری و نقطه متاستریک در یک جسم شناور



شکل ۱: دستگاه تعادل اجسام شناور

مقدمه

عامل پایداری تعادل اجسام شناور، نظیر قایق و کشتی از مهم ترین عوامل در طراحی و ساخت اجسام شناور می باشد که باید به دقت بررسی شود تا هنگام برخورد با جریانات رودخانه ای و بروز عوامل جوی مختلف و یا در مقابل هر نوع تغییر، توزیع احتمالی بار تعادل خود را حفظ نمایند. به وسیله دستگاه تعادل اجسام شناور این عامل بررسی می شود.

شرح دستگاه

دستگاه تعادل اجسام شناور ساختمان ساده ای دارد و جهت بررسی پایداری یک جسم شناور استفاده می شود. این دستگاه شامل یک قایق شناور روی یک تانک آب کم عمق است. وزن شناور 2800 gr می باشد. دو وزنه لغزنده بر روی محورهای افقی و عمودی شناور قرار گرفته اند که می توانند در موفقیت های دلخواه تثبیت شوند. به این ترتیب محل مرکز ثقل شناور و همچنین شیب آن قابل تغییر است. زاویه انحراف قایق به وسیله نمایانگر زاویه در محدوده $\pm 35^\circ$ قابل مشاهده است. کف قایق به شکل مستطیل با ابعاد 30 cm در 30 cm است. ارتفاع بدنه قایق 15.5 cm می باشد.

روش کار با دستگاه

درون وان (تانک) تا حدود نصف حجم آن آب ریخته شده سپس شناور بر روی آن قرار داده می شود. عمق فرو رفتگی قایق در آب توسط مقیاس روی بدنه شناور اندازه گیری می شود.

توسط وزنه عمودی ارتفاع مرکز جرم مجموعه قابل تنظیم است. به این صورت که با پیچاندن وزنخ بر روی محور خود وزنه به بالا یا پایین هدایت خواهد شد و میتواند در مکان مورد نظر آن را ثابت کنید

با جابجا نمودن وزنه لغزنده محور افقی، شناور از حالت تعادل اولیه منحرف می گردد. زاویه انحراف شناور توسط زاویه سنج قابل مشاهده است.

جرم شناور و وزنه ها عبارتند از :

$$m_h = 193gr : \text{جرم وزنه لغزنده محور افقی}$$

$$m_v = 550gr : \text{جرم وزنه لغزنده محور عمودی}$$

$$m = 5166gr : \text{جرم شناور با وزنه ها}$$

فهرست دستور آزمایش ها

هدف ۱

تئوری ۱

روش انجام آزمایش ۵

خواسته ها ۶

هدف

بررسی شناوری

تعیین مرکز ثقل، مرکز شناوری و نقطه متاستر در یک جسم شناور

تئوری

نیرویی را که سیال ساکن به جسم غوطه ور یا شناور وارد می کند، نیروی شناوری (نیروی ارشمیدس) گویند. امتداد این نیرو قائم به طرف بالاست و مقدار آن در مورد اجسام غوطه ور برابر است با وزن مایع مجازی موجود در سطح منحنی بسته غرق شده و در مورد اجسام شناور برابر است با وزن مجازی موجود در آن قسمت از سطح منحنی بسته که در داخل مایع قرار گرفته است.

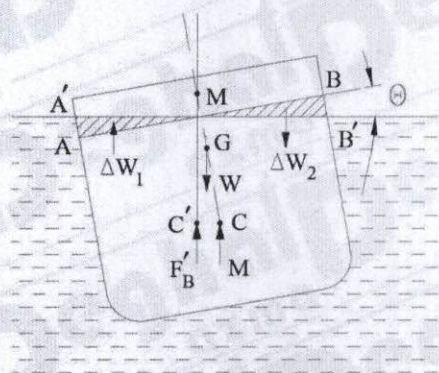
مقطع عرضی یک کشتی را مطابق شکل (۱) در نظر می گیریم. مرکز ثقل آن را با G و مرکز نیروی شناوری آن را با C نشان می دهیم. چون کشتی در حال تعادل است، نیروی شناوری (F_B) و وزن کشتی (W) برابرند و در خلاف جهت هم در راستای محور عمودی کشتی قرار دارند. در اثر یک دوران کوچک به اندازه θ ، مرکز شناوری از نقطه C به نقطه C' منتقل می شود. امتداد قائم در نقطه C' ، خط $\overline{GC}$ را در نقطه M موسوم به نقطه متاستر (مرکز تعادل جسم) قطع میکند.

برای تعیین ارتفاع نقطه متاستریک، با توجه به شکل (۱) ملاحظه می شود که حجم منشور مثلث القاعده OAA' که در داخل آب فرو رفته و حجم منشور OBB' که از آب خارج شده است، برابرند. اگر وزن مایع هم حجم منشور اولی را به ΔW_2 ، مرکز ثقل آن را به G_2 و بالاخره نیروی شناوری قبل و بعد از دوران را به ترتیب به F'_B ، F_B نمایش دهیم، خواهیم داشت:

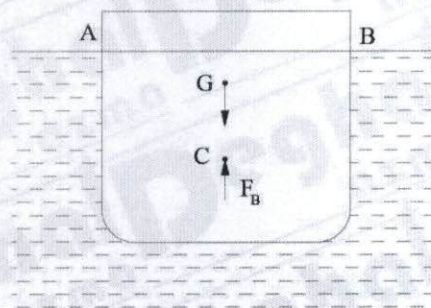
$$F'_B = F_B + \Delta W_1 - \Delta W_2 \quad \text{و یا} \quad F_B - F'_B = \Delta W_2 - \Delta W_1$$

نیروهای ΔW_1 و F_B به ترتیب با ΔW_2 و F'_B برابر بوده و راستاهایی موازی دارند. بطوری که $F_B - F'_B$ و $\Delta W_2 - \Delta W_1$ دو زوج نیرو را تشکیل می دهند. حال گشتاور هر کدام از این دو زوج نیرو را حساب می کنیم:

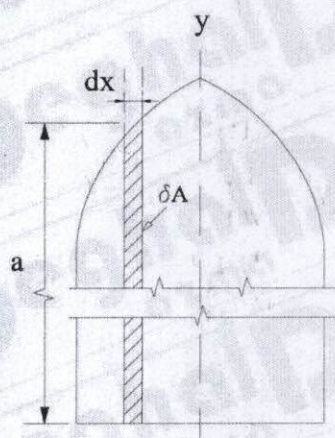
گشتاور زوج نیروی $F_B - F'_B$ برابر $F_B \overline{CC'}$ است. برای محاسبه گشتاور زوج نیروی $\Delta W_2 - \Delta W_1$ که وزن مایع منشورهای مثلث القاعده است، سطح کوچک δA به عرض dx و به طول a را بر روی سطح شناور به فاصله x از محور تقارن کشتی در نظر میگیریم. (شکل ۱-ج). بطوری که $\delta A = a dx$ است.



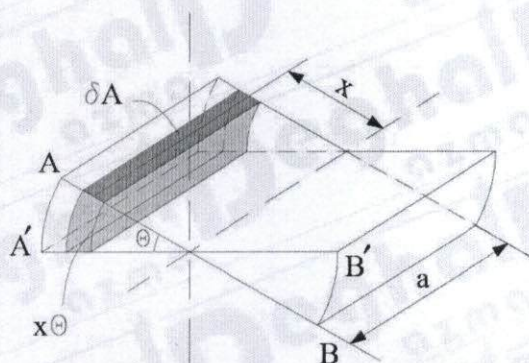
(ب) مقطع عرضی کشتی پس از چرخش



(الف) مقطع عرضی کشتی قبل از چرخش



(د) تصویر افقی کشتی



(ج) چرخش کشتی حول محور طولی خود

شکل 1: ارتفاع نقطه توازن و تعادل کشتی

چون θ زاویه کوچکی است، میتوان مقدار آن را برابر با سینوس آن فرض کرد و در این صورت حجم جزئی هر یک از منشورهای مثلث القاعده برابر با $dV = \delta A x \theta$ است و وزن آب موجود در این حجم جزئی برابر با $x \theta \gamma \delta A$ خواهد بود. بنابراین گشتاور آن برابر می شود با :

$$\int_A x \theta \gamma \delta A x = \gamma \theta \int_A x^2 \delta A = \gamma \theta I_y$$

که در آن I_y گشتاور اینرسی سطح شای کشتی نسبت به محور افقی طولی آن است. پس می توان نوشت :

$$F_B \overline{CC} = \gamma \theta I_y$$

$$\gamma V \overline{CC} = \gamma \theta I_y$$

که در این رابطه V حجم آن قسمت کشتی است که داخل آب قرار گرفته است و از آنجا:

$$\overline{CC'} = \frac{I_y \theta}{V}$$

چون $\overline{CC'} = \overline{MC} \cdot \theta$ است، پس داریم:

$$\overline{CM} = \frac{I_y}{V}$$

فاصله مرکز تعادل از مرکز شناوری ($\overline{CM}$) را "شعاع متاستر" گویند. با در دست داشتن $\overline{CG}$ ، می توان ارتفاع نقطه متاستریک یعنی $\overline{GM}$ را از رابطه زیر بدست آورد:

$$\overline{GM} = \overline{CM} - \overline{CG}$$

$$\boxed{\overline{GM} = \frac{I_y}{V} - \overline{CG}} \quad (*)$$

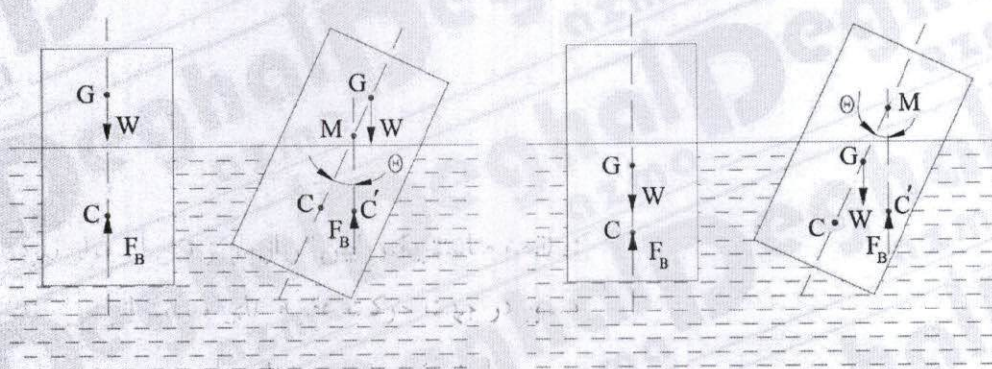
در مورد اجسام شناور، میتوان برحسب قرار گرفتن نقاط M و G نسبت بهم، تعادل پایدار، ناپایدار و بی تفاوت را به صورت زیر تعریف کرد:

تعادل پایدار:

اگر جسم شناوری را مطابق شکل (2) در نظر بگیریم. و آن را به اندازه زاویه θ در جهت حرکت عقربه های ساعت دوران دهیم، به طوری که نقطه متاستریک در بالای مرکز ثقل جسم قرار گیرد، شکل (2-الف). نیروی شناوری و وزن جسم تولید زوج نیرویی می کنند که مقدارش برابر با $W \overline{MG} \sin \theta$ و جهتش درخلاف جهت حرکت عقربه های ساعت یعنی در جهت بازگرداندن جسم شناور به حالت اولیه است. به همین دلیل زوج نیروی حاصل را زوج بازگرداننده می گویند. در چنین حالتی که M بالا تر از G قرار دارد، (یعنی $\overline{MC} > \overline{CG}$ است) تعادل جسم پایدار است.

تعداد ناپایدار :

اگر جسم بعد از دوران به اندازه θ به حالتی در آید که نقطه متاستریک پایین تر از مرکز ثقل آن قرار گیرد. (شکل 3) زوج نیروی حاصل از نیروی شناوری و وزن جسم شناور در جهت حرکت عقربه های ساعت اثر می کند. یعنی زوج نیروی حاصل بر زوایه انحراف θ می افزاید و گرایش به وارونه کردن جسم شناور دارد. به همین جهت آن را زوج وارونه گویند. چنین تعادلی ناپایدار است و در آن نقطه متاستریک (M) پایین تر از مرکز ثقل (G) قرار دارد. (یعنی $\overline{CM} < \overline{CG}$ و علامت $\overline{GM}$ در رابطه (*) منفی می شود).



ب) تعادل ناپایدار

الف) تعادل پایدار

شکل 2: تعادل پایدار و ناپایدار

تعداد خنثی (بی تفاوت) :

هرگاه نقطه G, M برهم منطبق باشند، یعنی $\overline{CM} = \overline{CG}$ باشد، تعادل جسم را بی تفاوت گویند. زیرا طول $\overline{GM}$ در این حالت برابر صفر است، پس نه زوج بازگرداننده وجود دارد و نه زوج وارونه کننده و جسم شناور در هر حالتی که رها شود باقی خواهد ماند.

روش انجام آزمایش :

شناور را بر روی آب قرار داده و وزنه متحرک افقی را در وسط محور افقی قرار دهید. در این وضعیت زاویه سنج باید زاویه صفر را نشان دهد. در غیر این صورت این حالت را به عنوان مبنای مقایسه قرار داده و تغییرات بعدی ناشی از حرکت وزنه متحرک افقی را نسبت به آن ثبت نمایید.

عمق غوطه وری آب (h) را بخوانید. لازم به ذکر است که در کلیه حالات بدلیل عدم تغییر در وزن اجسام شناور، میزان عمق غوطه وری ثابت می ماند.

حال وزنه متحرک عمودی را در ارتفاع 10cm قرار دهید. در چندین مرحله وزنه متحرک افقی را به اندازه dx روی محور افقی جابجا نموده و در هر مرحله مقدار $d\theta$ را از روی زاویه سنج خوانده و در جدول (1) یادداشت نمایید. وزنه را یک بار از سمت راست و بار دیگر از سمت چپ روی محور جابجا کنید.

وزنه متحرک عمودی را در ارتفاع دیگری قرار داده و آزمایش را تکرار نمایید.

جدول 1

ارتفاع وزنه متحرک عمودی (cm)	X(cm)	
10	-12	
	-8	
	-4	
	-2	
	0	
	2	
	4	
	8	
	12	
20	-12	
	-8	
	-4	
	-2	
	0	
	2	
	4	
	8	
	12	
30	-10	
	-8	
	-4	
	-2	
	0	
	2	
	4	
	8	
	10	

خواسته ها :

1. گراف X نسبت به θ را برای حالت های مختلف قرارگیری وزنه عمودی رسم نمایید. با استفاده از شیب نمودار و رابطه زیر مقدار $\overline{MG}$ را در هر مرحله محاسبه نمایید.

$$\overline{MG} = \frac{W_h}{W} \frac{dx}{d\theta}$$

توجه : در رابطه فوق θ بر حسب rad قرار داده شود.

جدول 2

ارتفاع وزنه عمودی (mm)	OG(mm)			
100				
200				
300				

مقدار CM تجربی را از رابطه زیر بدست آورده و در جدول (2) یادداشت نمایید.

$$\overline{CM} = \overline{CG} + GM = OG + GM = OG - \frac{H}{2} + GM$$

از آنجا که **CM** به وزن شناور بستگی دارد، مقدار آن باید مستقل از ارتفاع وزنه عمودی باشد.

2. با استفاده از روابط قسمت تحلیل داده ها، مقدار h ، ارتفاع مرکز ثقل و مرکز شناوری و ارتفاع متاستریک را محاسبه نموده و در جدول (3) یادداشت نمایید. مقدار h و ارتفاع متاستریک تئوری و تجربی را باهم مقایسه کنید.

جدول 3

$CM(mm)$	$GM(mm)$ تئوری	$GM(mm)$ تجربی	ارتفاع مراکز ثقل از کف قایق (OG)	ارتفاع مرکز شناوری	عمق فرو رفتگی در آب (تئوری)	عمق فرو رفتگی در آب (تجربی) $h(mm)$