پودمان ۳

بررسی اصول تعادل کشتی

واحد یادگیری ۳

بررسی اصول تعادل کشتی

آیا تاکنون پی برده‌اید؟

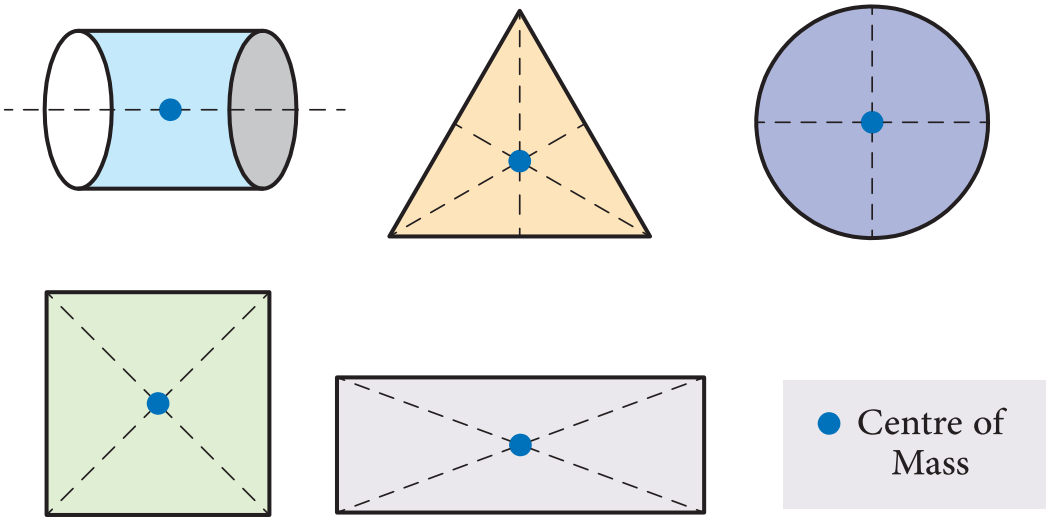
- طبق چه قوانینی کشتی روی آب شناور می‌ماند؟
- کشتی را تا چه مقدار می‌توان بارگیری کرد؟
- آیا میزان فرورفتگی کشتی در آب‌های مختلف تفاوت دارد؟
- تعادل کشتی در امواج و بارگیری‌های مختلف چگونه حفظ می‌شود؟
- کشتی تا چه زاویه‌ای تعادل پایدار داشته و به حالت اولیه باز می‌گردد؟
- جابه‌جایی بار چه تأثیری بر روی تعادل کشتی دارد؟

استاندارد عملکرد

بعد از پایان فصل، هنرجو باید بتواند مفهوم شناوری و تناژ، تعادل و انواع آن، اصول هیدرواستاتیک را توضیح دهد و همچنین نقاط مهم کشتی را شناخته و تأثیر بارگیری در تعادل کشتی را درک نماید.

مرکز ثقل و تعادل

مرکز ثقل یا گرانیگاه (Center of gravity)
مرکز ثقل یک جسم، نقطه‌ای است که برآیند نیروهای جاذبه وارده از طرف زمین بر جسم، به آن نقطه از جسم اثر می‌کند.



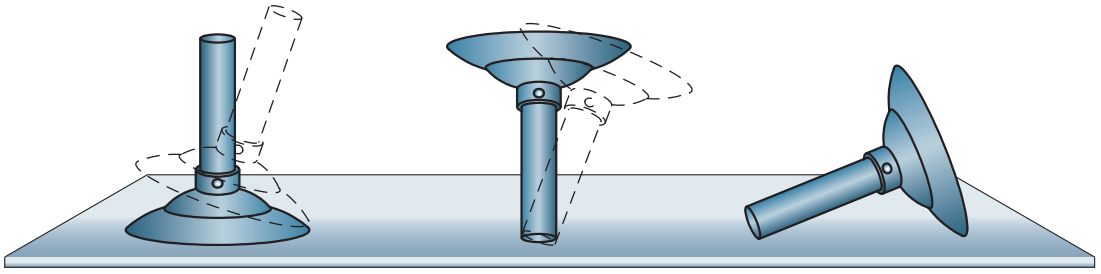
شکل ۱ـ مرکز ثقل اشکال مختلف

یعنی اگر آن جسم را از مرکز ثقل آویزان کنیم به حالت بدون حرکت باقی می‌ماند و هیچ‌گونه چرخشی در آن اتفاق نمی‌افتد؛ به‌عبارت دیگر مرکز ثقل یک جسم، نقطه‌ای است که تمام وزن یک جسم در آن نقطه فرض می‌شود. موقعیت مرکز ثقل هر جسم ثابت بوده و در صورت چرخش و یا انتقال جسم تغییر نمی‌کند. البته اگر اجزای داخلی جسم نسبت به یکدیگر حرکت کنند، محل مرکز ثقل جابه‌جا می‌شود.
برای مثال مرکز ثقل یک دایره در مرکز آن قرار دارد و یا مرکز ثقل یک مکعب مستطیل وسط محوری واقع است که از مرکز دو وجه مقابل هم عبور می‌کند.

تعادل

تعادل یکی از مهم‌ترین اصول در اجسام روی زمین و مخصوصاً کشتی شناور در آب است. اگر تعادل جسم برقرار نباشد حرکت ممکن نشده و جسم واژگون می‌شود. اگر تعادل کشتی برقرار نباشد بعد از به‌آب‌اندازی یا بعد از اولین بارگیری و یا برخورد با امواج، کشتی غرق خواهد شد. اگر بخواهیم تعادل را به‌درستی درک نماییم باید مفاهیم مؤثر در تعادل را به‌خوبی بشناسیم.
مفهوم تعادل بسیار پیچیده است؛ اما به‌طورکلی تعادل استاتیکی(Static stability) به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

«هرگاه جسمی بی‌حرکت باشد این جسم دارای تعادل استاتیکی است.»
برای تعادل حالت‌های مختلفی وجود دارد، که شامل موارد زیر است:
ـ تعادل پایدار ـ تعادل خنثی ـ تعادل ناپایدار



شکل ۲ـ انواع تعادل

بحث کلاسی

اصطلاحات به‌کار رفته در تصویر بالا را ترجمه کنید.

تعادل پایدار

اگر جسمی توسط نیرویی خارجی از حالت اولیه خود خارج شود و پس از برداشتن نیرو، به حالت اولیه خود برگردد، می‌گویند. این جسم دارای تعادل پایدار است.

تعادل خنثی

اگر جسمی توسط نیرویی خارجی از حالت اولیه خود خارج شود و پس از حذف نیرو، جسم نیز به همان حال باقی بماند، گفته می‌شود که این جسم دارای تعادل خنثی است. تعادل خنثی را می‌توان مشابه حالتی دانست که یک سیلندر گاز در آب شناور شود. در هر وضعیتی که نیروی وارد بر آن از بین برود، سیلندر به همان حال باقی خواهد ماند.

تعادل ناپایدار

اگر جسمی توسط نیرویی خارجی از حالت اولیه خود خارج شود و پس از حذف نیرو همچنان از حالت اولیه خود دور شود، این جسم دارای تعادل ناپایدار است.

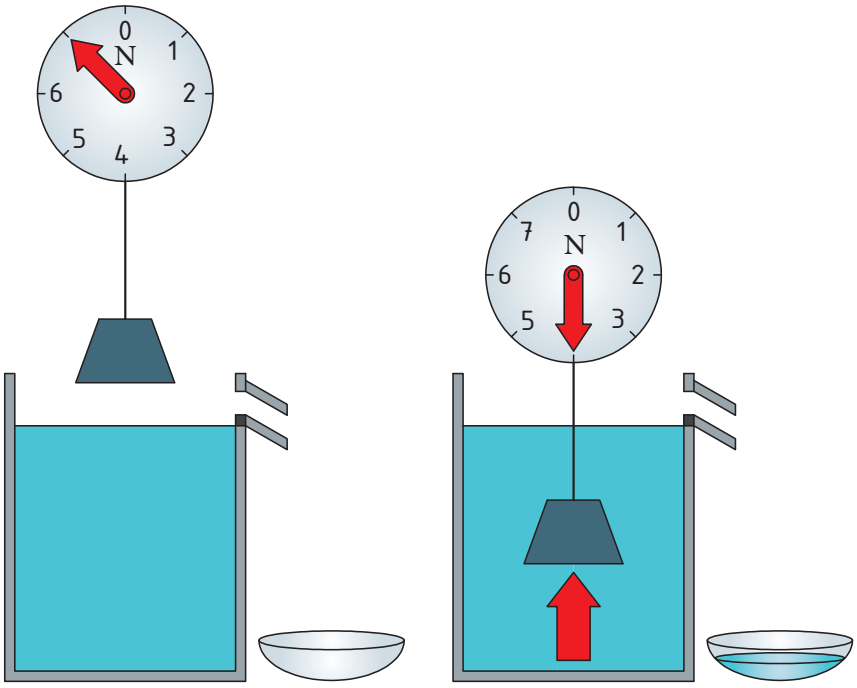
تحقیق کنید

آیا تعادل انواع دیگری هم دارد. و نتیجه تحقیق را در کلاس ارائه دهید.

مفهوم شناوری و جابه‌جایی

قانون ارشمیدس و کاهش وزن

هرگاه تمام یا قسمتی از یک جسم در مایعی فرورود، با نیرویی که مساوی با وزن مایع جابه‌جاشده توسط جسم است، به‌طرف بالا رانده می‌شود. به‌عبارت‌دیگر به‌اندازه وزن مایع جابه‌جا شده از وزن جسم کم می‌شود.



شکل ۳ـ مفهوم قانون ارشمیدس

جابه‌جایی (Displacement)

جابه‌جایی را وزن کل شناور نیز می‌گویند که از دو جز اصلی تشکیل می‌شود:

۱ وزن سبک کشتی (Light) که شامل وزن بدنه، ماشین‌آلات موتورخانه و کلیه اقلام ثابت کشتی است.

۲ وزن مرده شناور (Dead weight) که شامل وزن سوخت، آب، خدمه، مسافران و به‌طور کلی همه اقلام غیرثابت و مصرفی شناور است.

یعنی:

وزن سبک + وزن مرده = جابه‌جایی

در این رابطه، واحد جابه‌جایی برحسب نیوتن به‌دست می‌آید. در برخی منابع نیز واحد جابه‌جایی با «تن» بیان می‌شود.

حجم بسته داخل بدنه

برای بیان حجم بسته کل شناور که شامل حجم زیر عرشه اصلی و بالای عرشه است از دو تعریف تناژ ناخالص و تناژ خالص استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که اصطلاح «تناژ» به معنای جرم یا وزن نیست بلکه به مفهوم حجم است. تا سال ۱۹۸۲ مقدار تناژ به‌وسیله واحد ۱۰۰ فوت مکعب (۲/۸۳ مترمکعب) بیان می‌شد یعنی برای هر تن حجمی معادل ۲/۸۳ مترمکعب در نظر گرفته می‌شد. ولی از سال ۱۹۸۲، محاسبه مقدار تناژ (حجم بسته شناور) برای کلیه کشتی‌ها توسط قوانین کنوانسیون بین‌المللی اندازه‌گیری تناژ انجام می‌شود. دو تعریف کلی در این‌باره وجود دارد:

تناژ ناخالص (Gross tonnage): عبارت است از میزان حجم بسته کل کشتی که مبنای پرداخت هزینه حوض خشک، راهنمایی کشتی و بازرسی آن است. فضاهای بسته زیر، جزء فضاهای معاف شده هستند و تناژ ناخالص شناور محسوب نمی‌شود و مهم‌ترین این فضاها عبارت‌اند از:

۱ پل فرماندهی، اتاق نقشه، اتاق مخابراتی و اتاق ابزارآلات دریانوردی
۲ فضای آشپزخانه
۳ فضای شستشو و فاضلاب
۴ محل نگهداری وسایل ایمنی و نجات
۵ کانال‌های داخل بدنه

تناژ خالص (Net tonnage): تناژ خالص عبارت است از حجم فضای مفید کشتی که براساس آن مالیات و تعرفه‌ها محاسبه و اخذ می‌شود و به‌اختصار آن را با N.T نشان می‌دهند. عواملی که در تعیین تناژ خالص مؤثر هستند عبارت‌اند از:

۱ فضای قابل بارگیری برحسب مترمکعب.
۲ عمق و آبخور اندازه‌گیری شده از داخل.
۳ تعداد مسافران اگر بیش از ۱۳ نفر باشند.

این تناژ برگرفته از تناژ ناخالص است که فضا یا حجم خاصی از آن کاسته می‌شود. عمده‌ترین فضاهایی که از تناژ ناخالص باید کاسته شود عبارت‌اند از:

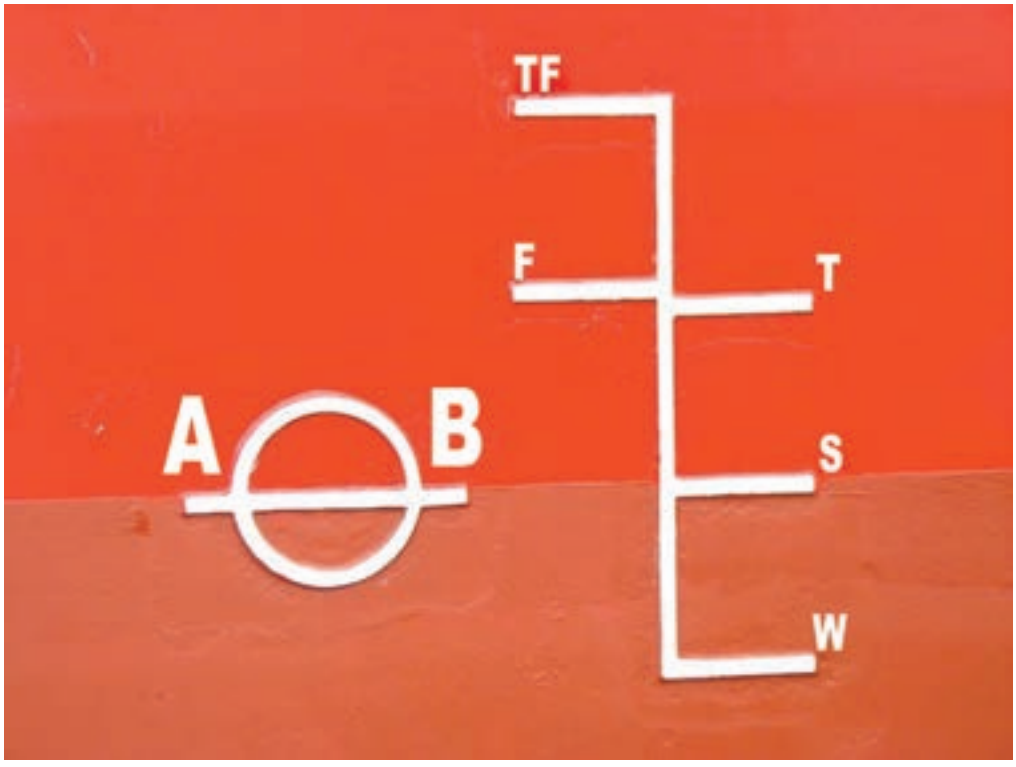
۱ کابین فرمانده و افسران کشتی، اتاق مخابرات و اتاق نقشه
۲ چاه زنجیر، محل عبور زنجیر و سیستم سکان کشتی
۳ کارگاه‌ها
۴ مخازن آب تعادل در صورتی‌که در موارد دیگر نتوان از آنها استفاده نمود
۵ اتاق مخصوص ماشین‌آلات که نیروی محرکه پروانه را ایجاد می‌نمایند.

ظرفیت حمل (Dead Weight Capacity)

ظرفیت حمل عبارت است از کل وزن بارهایی که کشتی می‌تواند آنها را حمل نماید. عمده‌ترین مواردی که کشتی حمل می‌کند عبارت‌اند از: کارکنان کشتی و لوازم آنها، مسافران و اثاثیه آنها، مواد غذایی، آب شیرین، لوازم خواب، لوازم پخت‌وپز، امانت‌های پستی، سوخت، روغن، آب‌شور تعادل، سیال داخل خن، قطعات یدکی و... طراحان کشتی در هنگام طراحی آن باید تلاش نمایند تا شرایط و وضعیت رضایت بخشی را بین تناژ حجمی و تناژ وزنی به‌وجود آورند.

خط (شاهین) بارگیری (load line)

خط بارگیری را معمولاً به نام علامت پلیمسول (Plimsoll Mark) می‌شناسند و محل آن درست در امتداد زیر خط عرشه کشتی است که فاصله بین بالای خط عرشه تا مرکز دایره، سطح آزاد تابستانی مقرر است. خطوط آبخور رسمی روی خط قائمی که در فاصله ۵۴۰ میلی‌متری جلوی دایره قرار دارد مشخص می‌شود و نشان می‌دهند که یک کشتی در شرایط مختلف تا چه خطی می‌تواند بارگیری نماید.
ارتفاع آزاد هر کشتی، سالانه از سوی مقامات بندری کشورها یا مؤسسات مجاز بازرسی می‌شود و براساس آن گواهینامه بین‌المللی خط شاهین بارگیری جدیدی برای کشتی صادر می‌شود یا گواهینامه قبلی آن پشت‌نویسی و تمدید می‌شود.



شکل ۴ـ خط بارگیری

خط بارگیری تابستانی (The summer load line)
این خط را با S نشان می‌دهند و در امتداد مرکز دایره قرار دارد.
خط بارگیری زمستانی (The winter load line)

این خط را با حرف W نمایش می‌دهند که به فاصله $\frac{۱}{۴۸}$ آبخور تابستانی و در زیر خط S قرار دارد.
خط بارگیری مناطق حاره یا نواحی گرمسیری (The Tropical load Line)

این خط را با حرف T نمایش می‌دهند که به فاصله $\frac{۱}{۴۸}$ آبخور تابستانی و در بالای خط S قرار دارد.

خط بارگیری در آب شیرین تابستانی (The Fresh Water Summer Load Line)

این خط را با حرف F نمایش می‌دهند و نشان‌دهنده آبخوری است که کشتی می‌تواند در آب شیرین بارگیری کند و پس از وارد شدن کشتی در آب‌شور، خط آبخور تا محل آبخور تابستانی (S) بالا خواهد آمد.

خط بارگیری آب شیرین نواحی گرمسیری (The Tropical Fresh Water Load Line)

این خط را با حروف TF نمایش می‌دهند که به فاصله $\frac{۱}{۴۸}$ آبخور تابستانی در بالای خط F قرار دارد. در صورتی‌که کشتی وارد آب‌شور دریا شود خط آبخور در محل T قرار خواهد گرفت.

خط عرشه (Deck Line)

خطی است افقی به طول ۳۰۰ میلی‌متر و ضخامت ۲۵ میلی‌متر که از دو طرف بر روی بدنه در وسط کشتی علامت‌گذاری می‌شود.

تحقیق کنید

با جست‌وجو در اینترنت برای هر کدام از اصطلاحات عرشه سطح آزاد و خط عرشه یک تصویر یافته و در کلاس ارائه نمایید.

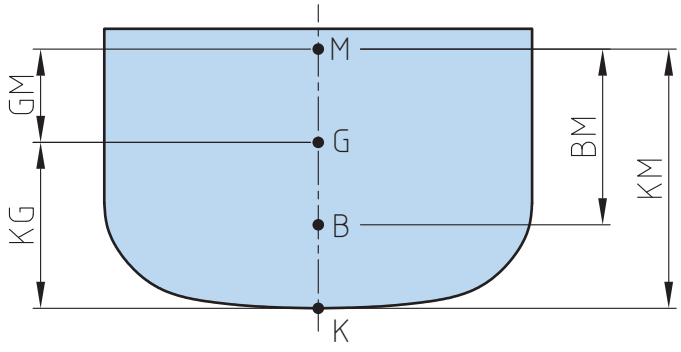
اصول هیدرو استاتیک

برای بررسی تعادل استاتیک هر کشتی، نیاز به اطلاعاتی از قبیل موقعیت مرکز ثقل، مرکز شناوری و مرکز غوطه‌وری است. که در ادامه به معرفی این نقاط مهم می‌پردازیم.

مرکز ثقل کشتی

مرکز ثقل یک کشتی نقطه‌ای است که برآیند نیروی وزن کلیه قسمت‌های کشتی از آن نقطه به‌طور قائم و به‌طرف پایین وارد می‌شود. مرکز ثقل را با نقطه G نشان می‌دهند. بر مبنای موقعیت مرکز ثقل، فاصله مهم (KG) که کاربرد زیادی در محاسبات تعادل کشتی دارد، قابل‌تعریف است:

(۱) فاصله طولی KG: عبارت است از ارتفاع قائم نقطه مرکز ثقل نسبت به موقعیت کیل کشتی. این فاصله و یا ارتفاع را معمولاً با KG نشان می‌دهند. بر مبنای همین تعریف، اصطلاح زیر برای کشتی‌ها تعریف می‌گردد.



شکل ۵ـ مکان مرکز ثقل کشتی

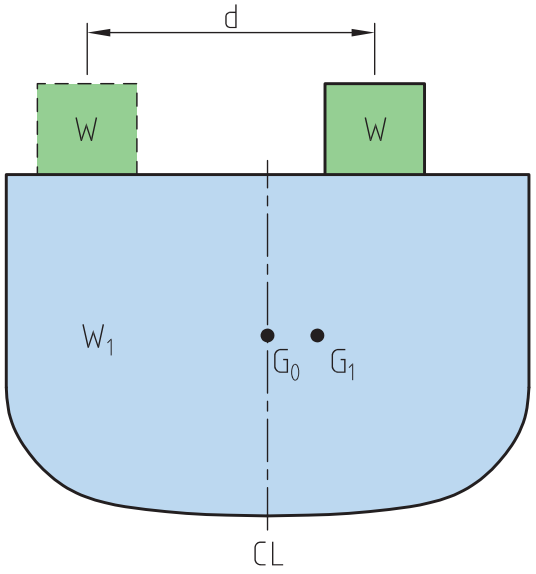
Light. KG: ارتفاع نقطه مرکز ثقل کشتی (G) از بالای کیل یک کشتی سبک (خالی از بار) قبل از بارگیری هر نوع کالا، وسایل غذایی و سوخت را که مهندسین ساختمان کشتی محاسبه می‌کنند، Light. KG می‌گویند. در اطلاعات مربوط به تعادل کشتی، آنچه به دریانوردان داده می‌شود همین عدد است.

جابه‌جایی مرکز ثقل در اثر جابه‌جایی وزنه

اگر روی یک کشتی که مرکز ثقل آن مشخص است وزنه‌ای را جابه‌جا کنیم، مرکز ثقل نیز جابه‌جا می‌شود. (محل مرکز ثقل به مقدار جرم و محل تک‌تک اجزای سازنده بستگی دارد).

فرض کنیم کشتی با بار آن شامل یک وزنه باشد که در ارتفاع مشخص‌شده قرار دارد، اگر وزنه w را به‌اندازه d (مطابق شکل ۶) جابه‌جا کنیم آنگاه داریم:

مجموع وزن‌ها/ مجموع گشتاورها (ممان‌ها) = مرکز ثقل



شکل ۶ـ جابه‌جایی مرکز ثقل

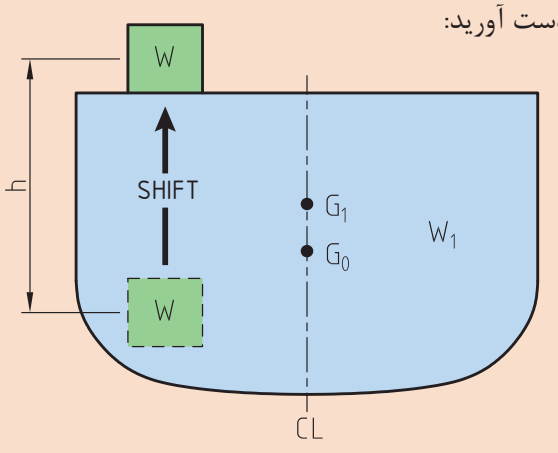
$$G.G_1 = \frac{w_1 d}{w_1 + w}$$

کاردرکلاس

یک کشتی به وزن ۵۰۰۰ تن دارای باری به وزن ۲۰۰ تن در قسمت سینه و به فاصله ۵۰ متر از وسط کشتی قرار دارد، اگر بار ۴۲ متر به سمت وسط کشیده شود، مرکز ثقل چقدر جابه‌جا می‌شود:

کاردرمنزل

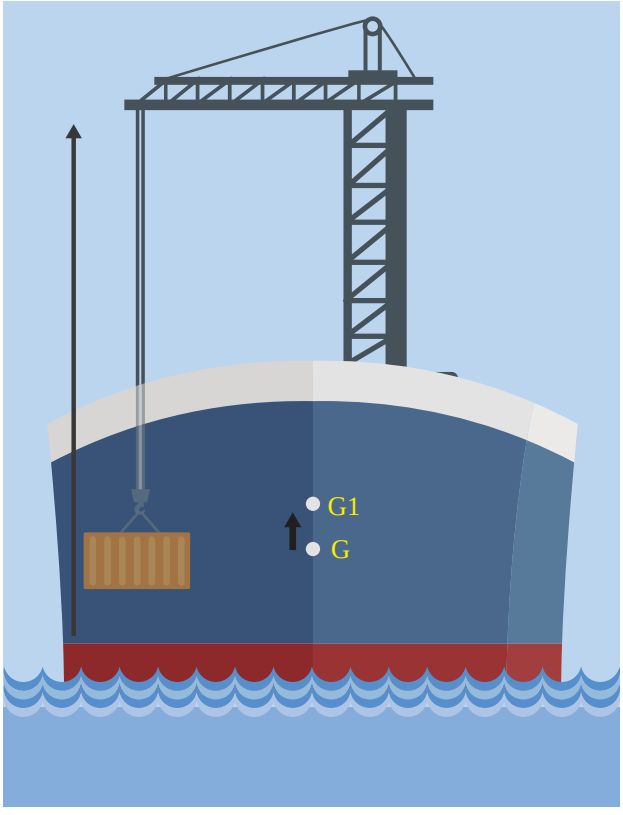
با توجه به شکل زیر معادله مرکز ثقل جدید را به‌دست آورید:



شکل ۷ـ جابه‌جایی وزنه در ارتفاع

تأثیر جابه‌جایی بار با جرثقیل و سطح آزاد مخازن بر مرکز ثقل و پایداری

تا زمانی که باری روی سطح کشتی قرار دارد مرکز ثقل بار نیز در همان نقطه واقع است ولی به‌محض آنکه بار از روی کشتی کنده شود مرکز ثقل سریعاً به نقطه آویز منتقل می‌شود.



شکل ۸ـ جابه‌جایی وزنه با جرثقیل

این نقطه ممکن است بر روی یک جرثقیل بلند و ده‌ها متر بالاتر از مکان اولیه باشد این جابه‌جایی مرکز ثقل به‌خصوص در مورد بارهای سنگین مشکلاتی را به‌وجود می‌آورد زیرا مرکز ثقل کشتی نیز سریعاً جابه‌جا می‌شود و ممکن است موجب از بین رفتن تعادل پایدار کشتی شود.

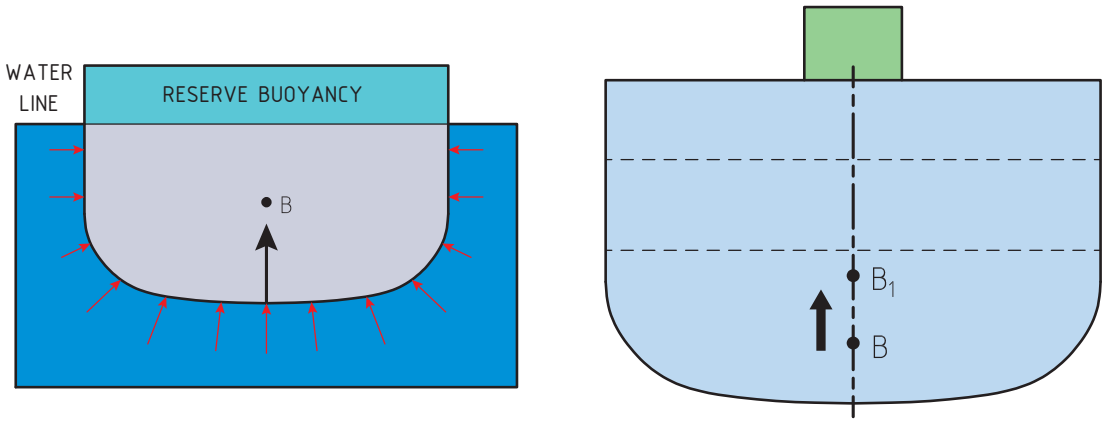
سطح آزاد مخازن نیز همچون اثر اجسام آویزان باعث تضعیف پایداری می‌گردد لذا سطح آزاد مخازن را باید به حداقل رسانید و تقسیم‌بندی داخلی مخازن به همین منظور انجام می‌شود. سطح آزاد مخازن باعث می‌شود براثر تلاطم شناور، سیال داخل مخزن از طرفی به‌طرف دیگر حرکت کند و باعث جابه‌جایی عرضی و عمودی مرکز ثقل شود که در نهایت باعث کاهش پایداری کشتی می‌گردد که در ادامه به آن می‌پردازیم.

کار در کلاس

یک کشتی ۱۲۰۰۰ تنی حامل باری به وزن ۶۰ تن در روی عرشه است از جرثقیل با بومی که به ارتفاع ۸ متر بالاتر از مرکز ثقل قرار دارد استفاده شده تا بار در داخل کشتی ۱۰ متر زیر دک قرار گیرد. موقعیت مرکز ثقل را در حالت بلند شدن بار از روی دک و قرار گرفتن در کف محاسبه کنید.

مرکز شناوری (بویانسی)(Center of buoyancy)

طبق قانون ارشمیدس منظور از شناوری در کشتی، مقدار نیرویی است که وقتی کشتی داخل آب قرار دارد به‌طور قائم و به‌طرف بالا به بدنه کشتی وارد می‌شود. این نیرو برابر وزن آبی است که با ورود کشتی داخل آب، جابه‌جاشده است و یا به عبارتی برابر وزن مقدار آب هم حجم با قسمت غوطه‌ور (فرورفته در آب) کشتی است. مقدار این نیرو برای کشتی در حال تعادل (سکون) برابر با وزن کل کشتی است.



شکل ۹ـ مرکز شناوری

گرچه این نیرو به سراسر سطح بدنه داخل آب وارد می‌شود ولی همانند مرکز ثقل برآیند این نیروها نیز از یک نقطه و به‌طرف بالا عبور می‌کند، که اصطلاحاً به آن نقطه «مرکز شناوری و یا بویانسی» کشتی می‌گویند و آن را با B نمایش می‌دهند.

کشتی‌ها که همواره روی سطح آب حرکت می‌کنند چگالی کلی کمتری نسبت به آب دریا دارند و لذا نیرویی برابر با وزن آنها از آب به بدنه کشتی وارد می‌شود که همین نیرو باعث باقی ماندن کشتی بر سطح آب دریاها می‌شود و اگر نیروی بویانسی کمتر از نیروی وزن باشد، کشتی به داخل آب فرو خواهد رفت.

شناوری ذخیره (رزرو شناوری)

شناوری ذخیره عبارت است از حجم فضای بسته‌ای که بالای خط آبخور قرار دارد. این قسمت برخلاف قسمت غوطه‌ور، باعث شناوری شناور نمی‌شود و در حقیقت این فضا به‌عنوان ذخیره‌ای برای شناوری عمل می‌کند. بدین معنی که وقتی وزنه‌ای به کشتی اضافه می‌شود، وزن کل کشتی افزایش می‌یابد، در نتیجه برای حفظ تعادل، نیروی شناوری (بویانسی) بیشتری مورد نیاز است در این حالت حجم خالی بالای خط آب (رزرو بویانسی) با فرورفتن در آب، این نیروی اضافه را تأمین می‌کند و کشتی به حالت شناور باقی می‌ماند.

کاردرکلاس

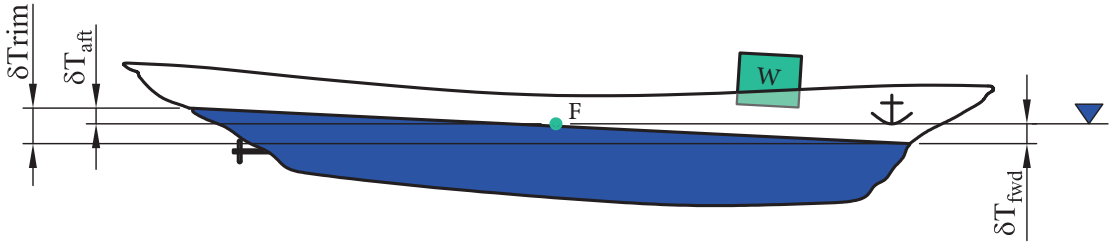
شناوری جعبه‌ای شکل، با ابعاد ۱۰۵ متر طول، ۳۰ متر عرض و ۲۰ متر عمق در آب شیرین شناور است. درصورتی‌که وزن شناور ۱۹۵۰۰ تن باشد، حجم شناوری ذخیره آن را پیدا کنید.

آب‌گرفتگی

چنانچه به هر دلیلی قسمتی از فضای بویانسی هر کشتی دچار آب‌گرفتگی شود، یعنی به علت صدمه دیدن بدنه شناور، آب وارد قسمتی از کمپارتمان‌های کشتی گردد (آب‌گرفتگی)، به مقدار همان حجمی که آب وارد شناور شده است، از بویانسی کل آن شناور کم می‌شود و چنانچه حجم آب ورودی به شناور از بویانسی کل شناور بیشتر و یا برابر آن گردد، شناور غرق خواهد شد. این پدیده دقیقاً عکس «رزرو بویانسی» است.

مرکز غوطه‌وری (Center of Floatation)

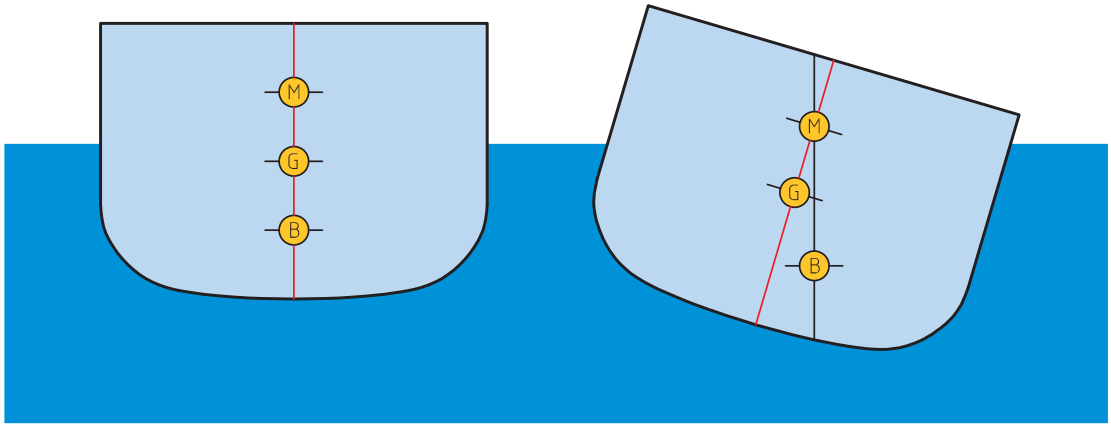
نقطه‌ای است که چرخش‌های طولی و عرضی کشتی حول محورهایی که از این نقطه می‌گذرد، صورت می‌گیرد؛ به‌عبارت‌دیگر مرکز هندسی صفحات افقی، از جمله صفحه خط آب را مرکز غوطه‌وری گویند.



شکل ۱۰ـ مرکز غوطه‌وری

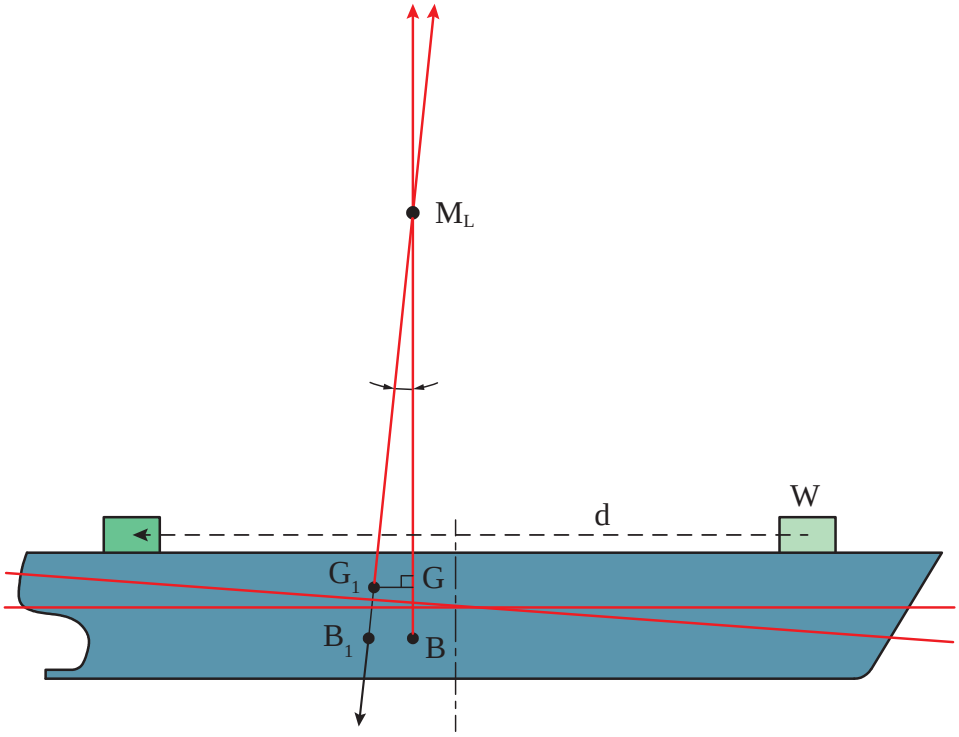
مرکز متاسنتریک (Metacenter) عرضی و طولی

وقتی کشتی تحت تأثیر یک نیروی خارجی، مثل موج، از حالت طبیعی خود خارج می‌شود، محل مرکز شناوری آن نیز تغییر نموده است. در این حالت، کماکان جهت نیروی شناوری عمود بر سطح آب و به سمت بالا باقی می‌ماند.



شکل ۱۱ـ مرکز متاسنتریک عرضی

امتداد نیروهای بویانسی، برای دو حالت اولیه و حالت تغییر یافته کشتی، یکدیگر را در یک نقطه قطع می‌کنند که آن را «متاسنتریک» می‌نامند و با M نشان می‌دهند.
از آنجا که کشتی ممکن است در دو جهت طولی و عرضی چرخش نموده و تعادل خود را از دست بدهد. معمولاً برای کشتی دو مرکز متاسنتریک تعریف می‌شود، یکی مرکز متاسنتریک طولی و دیگری مرکز متاسنتریک عرضی.



شکل ۱۲ـ متاسنتر طولی

ارتفاع متاسنتریک

ارتفاع متاسنتریک، چه طولی و چه عرضی، عبارت است از فاصله بین مرکز ثقل و نقاط متاسنتر طولی و یا عرضی کشتی که این فاصله به‌طور عمودی و مستقیم اندازه‌گیری می‌شود. این فاصله را معمولاً با GM نشان می‌دهند.
متاسنتریک طولی را با GM_L مشخص می‌کنند. البته توجه نماییم که در هنگام بحث اگر از «مرکز متاسنتریک» نام برده می‌شود، اغلب منظور مرکز متاسنتریک عرضی کشتی است این بدان علت است که چرخش‌های عرضی و تعادل کشتی در جهت عرضی بسیار مهم‌تر از تعادل طولی کشتی است.

ارتفاع متاسنتریک معیاری برای پایداری اولیه

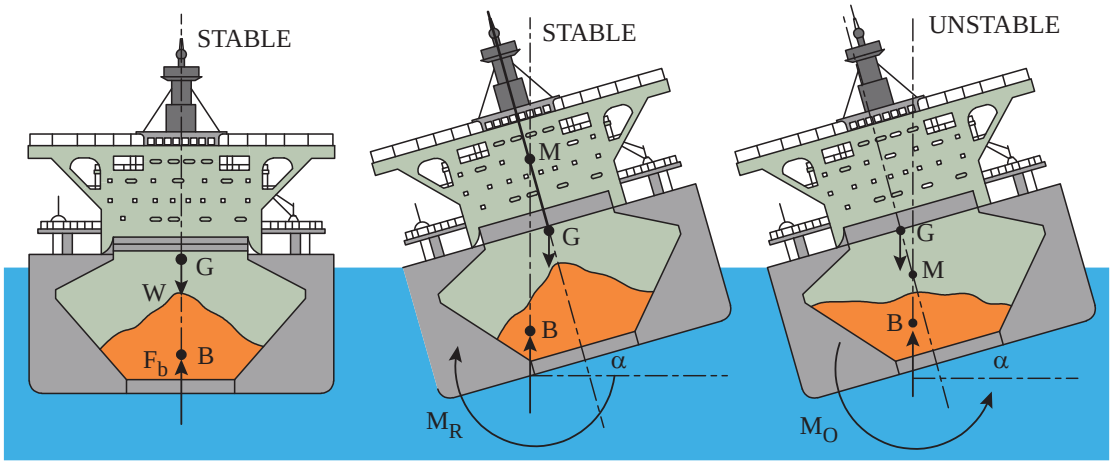
وقتی کشتی کج می‌شود شکل قسمت زیرآبی تغییر می‌کند و در نتیجه موقعیت مرکز شناوری (بویانسی) آن عوض می‌شود، ولی موقعیت مرکز ثقل کماکان ثابت می‌ماند، درنتیجه امتداد اثر نیروی شناوری از امتداد

اثر نیروی وزن جدا می‌شود. جابه‌جایی در راستای اثر این دو نیروی مساوی و مختلف‌الجهت، یک گشتاور (ممان) به‌وجود می‌آورد که اندازه آن برابر با حاصل‌ضرب یکی از این دو نیرو (وزن کشتی) در فاصله مابین دو امتداد اثر نیروها است. این گشتاور (ممان) را که موجب راست شدن کشتی می‌شود، ممان راست‌کننده مثبت می‌نامند و فاصله عمودی مابین خطوط اثر نیرو را «بازوی راست‌کننده» می‌گویند.

همان‌طور که قبلاً بیان شد، نقطه متاسنتر عبارت است از محل تلاقی امتداد اثر نیروی شناوری (بویانسی) کشتی غلتیده، با امتداد قائم (قبل از غلتیدن). این نقطه در حالت عادی بر روی هر دو امتداد اثر نیروی وزن و نیروی بویانسی قرار می‌گیرد.

در هنگام غلتش، سه حالت برای کشتی ایجاد می‌شود:

۱ **اگر نقطه متاسنتر بالای مرکز ثقل قرار داشته باشد:** هنگامی‌که کشتی در اثر نیروی خارجی کج می‌شود، ممان راست‌کننده مثبت تشکیل می‌شود و کشتی را به‌سوی حالت اولیه برمی‌گرداند. در این حالت، کشتی تعادل پایدار دارد.



شکل ۱۳ـ تأثیر محل متاسنتر بر تعادل

بحث کلاسی

اصطلاحات به‌کار رفته در تصویر بالا را ترجمه کنید.

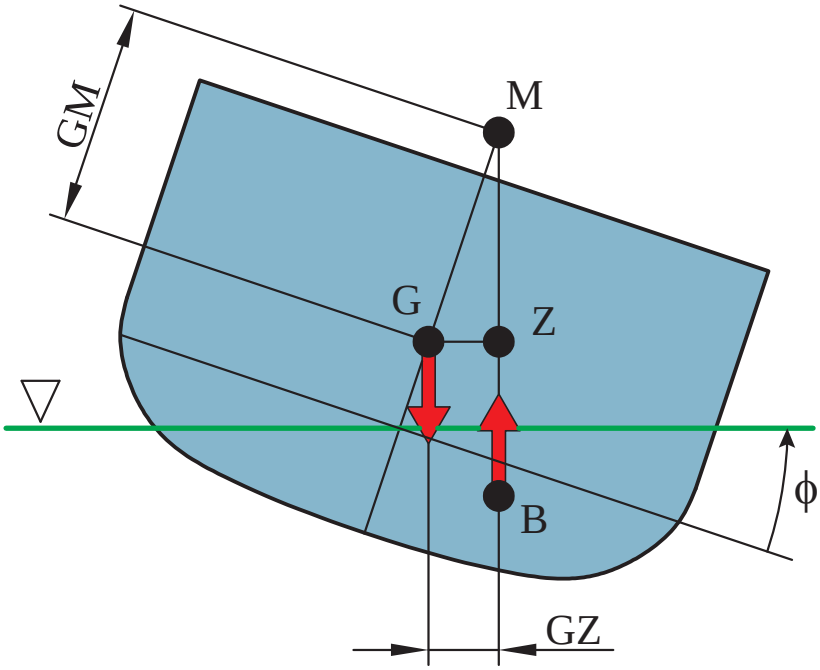
۲ **اگر نقطه متاسنتر و مرکز ثقل بر روی‌هم قرار گیرند:** وقتی کشتی در اثر نیروی خارجی کج می‌شود، امتداد دو نیروی وزن و شناوری (بویانسی) همواره در هر زاویه غلتش، درست روبروی هم قرار می‌گیرند. در نتیجه هیچ گشتاوری به‌وجود نمی‌آید و کشتی تعادل خنثی یافته و در همان حالت کج باقی می‌ماند.

۳ **اگر متاسنتر در زیر مرکز ثقل قرار گیرد:** یک گشتاور منفی و یا ممان واژگونی تشکیل می‌شود و کشتی تعادل ناپایدار خواهد داشت.

در بررسی رابطه نقطه متاسنتر و وضعیت تعادل کشتی، حتماً باید توجه شود که تعریف نقطه متاسنتر به‌صورتی که در بالا ذکر شد، فقط در زوایای کمتر از ۱۰ درجه غلتش معتبر است. بنابراین استفاده از موقعیت متاسنتر و مرکز ثقل، به‌عنوان شرط تعادل برای زوایای غلتش کوچک، مجاز است.

بازوی راست‌کننده

بازوی راست‌کننده کشتی، گشتاوری است که از نیروهای بویانسی و وزن تشکیل می‌شود. همان‌طور که در مبحث قبلی مطرح شد، مقدار گشتاور برگردانندِ کشتی برابر با حاصل‌ضرب وزن کشتی در فاصله بین دونیرو است که به آن «بازوی راست‌کننده» می‌گویند و با نشان می‌دهند. وقتی که وزن کشتی ثابت باشد می‌توان مقدار GZ را به‌عنوان معیاری برای پایداری استاتیکی در تمام زوایای غلتش به‌کار برد.



شکل ۱۴ـ بازوی راست‌کننده

در زوایای کوچک غلتش که امتداد اثر نیروی بویانسی در حالت غلتیده، امتداد محور تقارن قائم را در نقطه M قطع می‌کند.

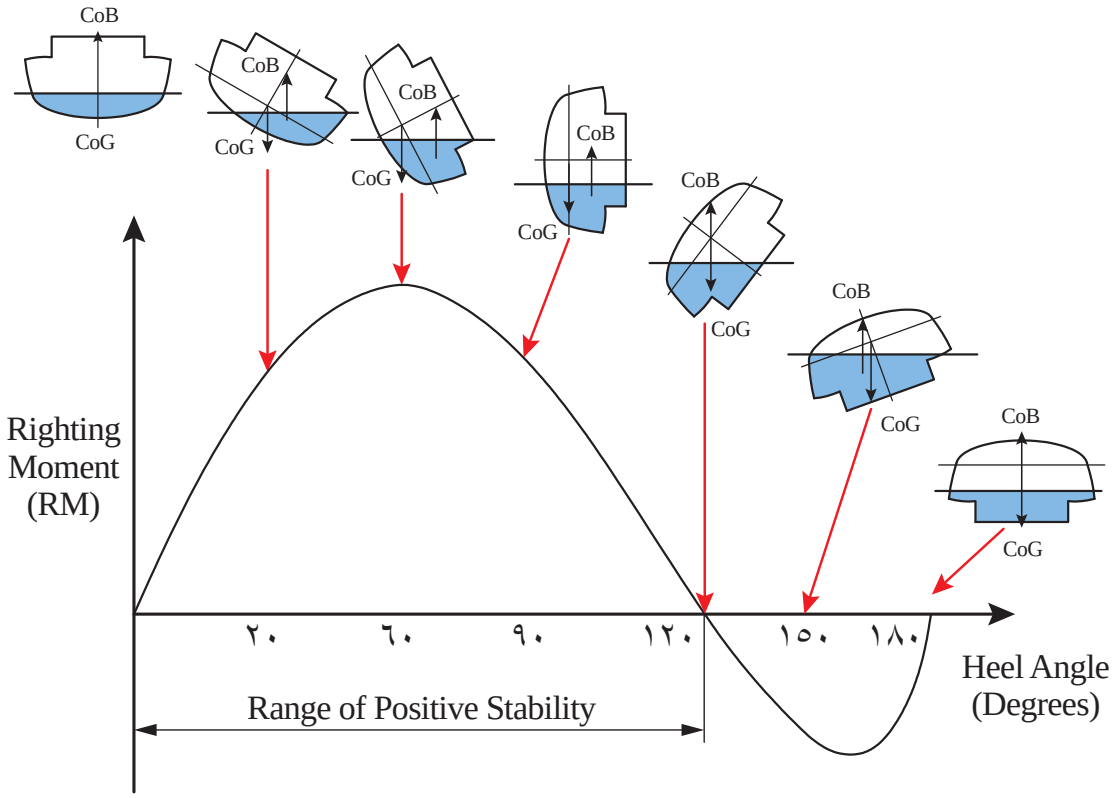
طبق شکل ۱۴، (Φ) زاویه غلتش عرضی برحسب درجه است؛ بنابراین مقدار آن می‌تواند جهت مقایسه پایداری اولیه دو کشتی مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

محدوده پایداری

محدوده پایداری به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

مقدار زاویه غلتش (برحسب درجه) که کشتی می‌تواند به راست یا چپ بچرخد به‌طوری‌که تعادل استاتیکی خود را حفظ کند.

این محدوده به عواملی از قبیل عرض کشتی، عرشه آزاد، آب‌بندی عرشه، سوپر استراکچر (رو سازه) و موقعیت مرکز ثقل کشتی، بستگی دارد. مقدار این محدوده، بیانگر اندازه بازوی راست‌کننده مثبت است. ازنظر تئوری محدوده پایداری، زاویه‌ای را نشان می‌دهد که کشتی می‌تواند در آب آرام تا آن زاویه غلتش کند بدون آنکه واژگون شود. برای پایدار بودن تعادل کشتی، ممان چرخشی (ناشی از نیروی امواج) در هر زاویه نباید از ممان راست‌کننده در همان زاویه بیشتر باشد.



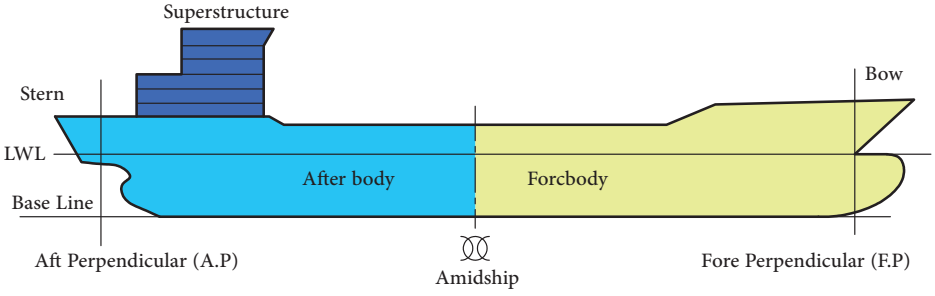
شکل ۱۵ـ منحنی GZ

بحث کلاسی

اصطلاحات به‌کار رفته در تصویر بالا را ترجمه کنید.

منحنی بازوی راست‌کننده، زاویه‌ای را نشان می‌دهد که مقدار بازوی راست‌کننده در آن ماکزیمم است. به‌طورکلی محدوده پایداری، مقدار ماکزیمم بازوی راست‌کننده و زاویه‌ای که این ماکزیمم در آن اتفاق می‌افتد و نیز سطح زیر منحنی همگی پارامترهای اساسی در ارزیابی نهایی پایداری کشتی هستند.

اصطلاحات کشتی



شکل ۱۶ـ اصطلاحات کشتی

بحث کلاسی

اصطلاحات به‌کار رفته در تصویر بالا که در ادامه ترجمه نشده‌اند را ترجمه کنید.

سینه و پاشنه

به قسمت جلوی کشتی سینه (bow) وبِ قسمت انتهای کشتی پاشنه (stern) گفته می‌شود.

عمود سینه (Fore Perpendicular)

خطی است که بر محل تقاطع سطح آب در محل سینه کشتی عمود می‌شود.

عمود پاشنه (Aft Parpendicular)

خطی است که در محل سکان بر سطح آب عمود می‌شود.

خط مبنا (base line)

خطی است که به پایین‌ترین قسمت کف کشتی به‌صورت طولی مماس می‌شود.

خط مرکزی (Center line)

خطی است که صفحه آبخور شناور را به دونیمه چپ و راست تقسیم می‌کند.

مقطع میانی (Amidship)

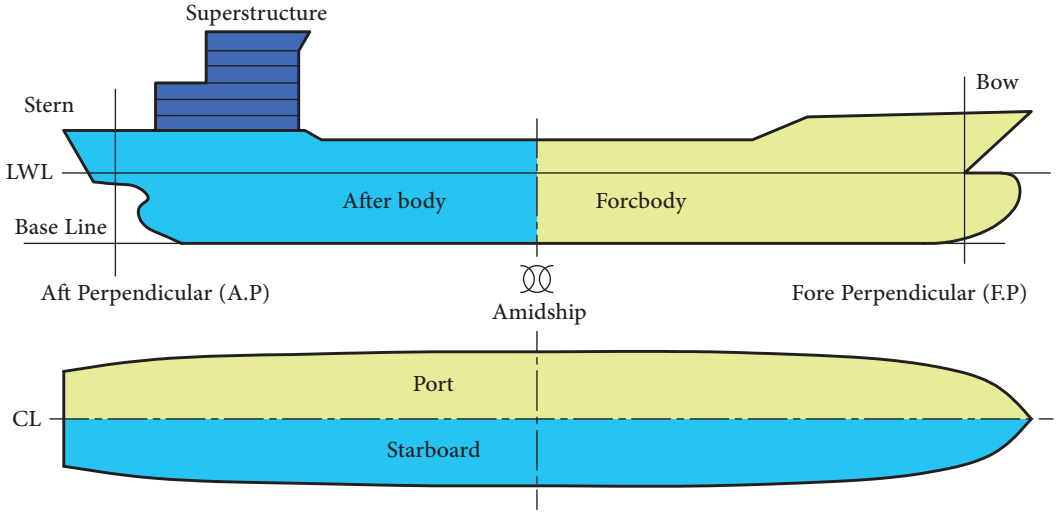
مقطعی است که کشتی را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند.

عرشه (Deck)

صفحه‌های افقی در ساختمان کشتی که به‌صورت طبقات متعددی می‌تواند باشد که بار یا مسافر بر روی آن حمل می‌شود.

سوپر استراکچر (Superstructure)

سازه‌ای است بر روی عرشه اصلی که معمولاً محل اسکان خدمه و فضای رفاهی است.

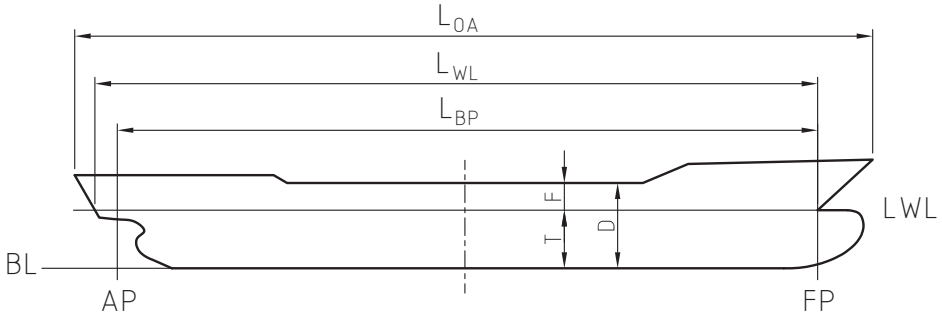


شکل ۱۷ـ اصطلاحات ابعادی کشتی

سمت چپ و راست کشتی

اگر بر روی کشتی بایستیم و به سمت جلو کشتی نگاه کنیم به سمت راست کشتی «Starboard» و به سمت چپ آن«port» گفته می‌شود.

ابعاد اصلی کشتی



شکل ۱۸ـ ابعاد اصلی کشتی

طول کلی (Length overall)

با LOA مشخص می‌شود و نشان‌دهنده طول بین انتهایی‌ترین نقاط سینه و پاشنه کشتی است و معمولاً روی عرشه اصلی اندازه‌گیری می‌شود.

طول بین دو عمود (length between perpendiculars)

با LBP مشخص می‌شود و برابر طول خط بین عمود پاشنه و عمود سینه کشتی است.

طول خط آبخور سنگین (length over load water lines)

با LWL مشخص می‌شود و نشان‌دهنده طول خط آبخور کشتی است در حالی که بارگیری شده است.

عرض کشتی (Beam)

با B مشخص می‌شود و برابر عرض در خط آبخور کشتی است.

ارتفاع کشتی (Depth)

با D مشخص می‌شود و برابر فاصله بین کیل و عرشه اصلی کشتی است.

آبخور کشتی (Draft)

با T مشخص می‌شود و نشان‌دهنده ارتفاع قسمتی از کشتی است که در زیرآب قرار می‌گیرد.

فری برد یا برد آزاد (Freeboard)

با F مشخص می‌شود و نشان‌دهنده فاصله خط آبخور تا عرشه اصلی در مقطع میانی کشتی است.

تریم (Trim)

برابر است با اختلاف آبخور سینه و آبخور پاشنه کشتی. اگر آبخور پاشنه بیشتر باشد، کشتی تریم به پاشنه دارد و بالعکس. معمولاً کشتی به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که‌تریم به پاشنه داشته باشد.

اندازه‌های گفته‌شده در بالا برای محاسبات تعادل کشتی‌ها هم در زمان ساخت و هم در زمان بهره‌برداری نقش مهمی دارند.

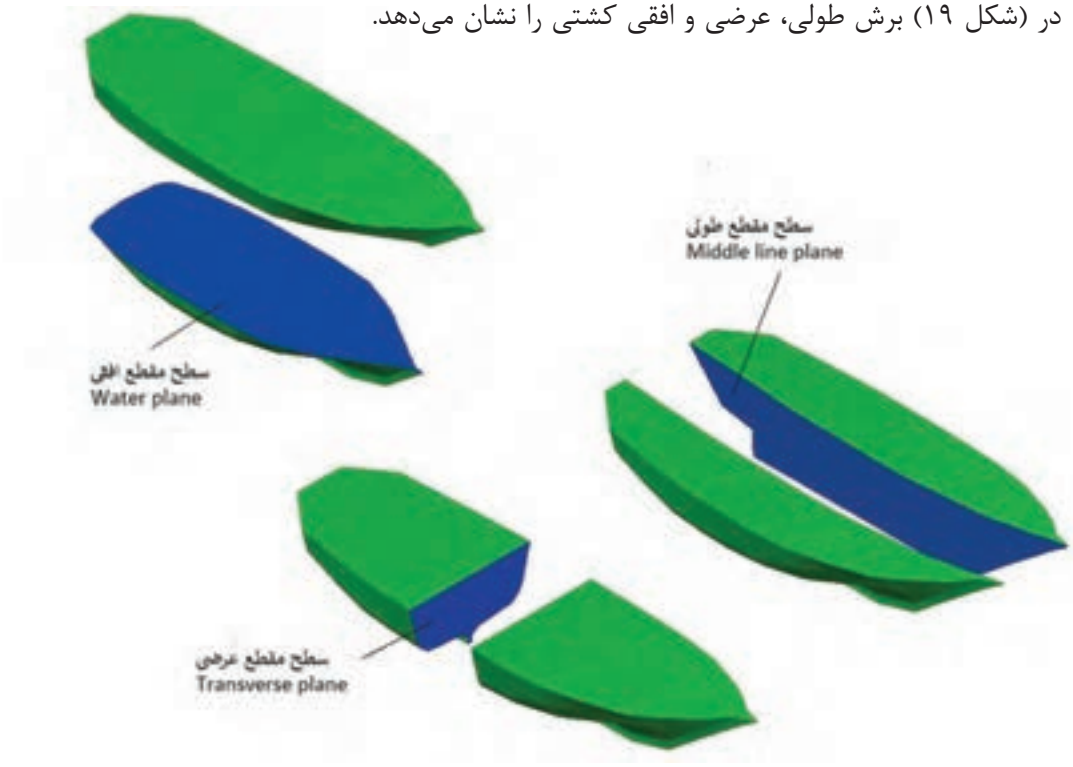
تحقیق کنید

با حضور در یک کشتی که برای تعمیر در حالت داک خشک قرار دارد اندازه‌های آن را استخراج کرده و در کلاس ارائه نمایید.

خطوط بدنه

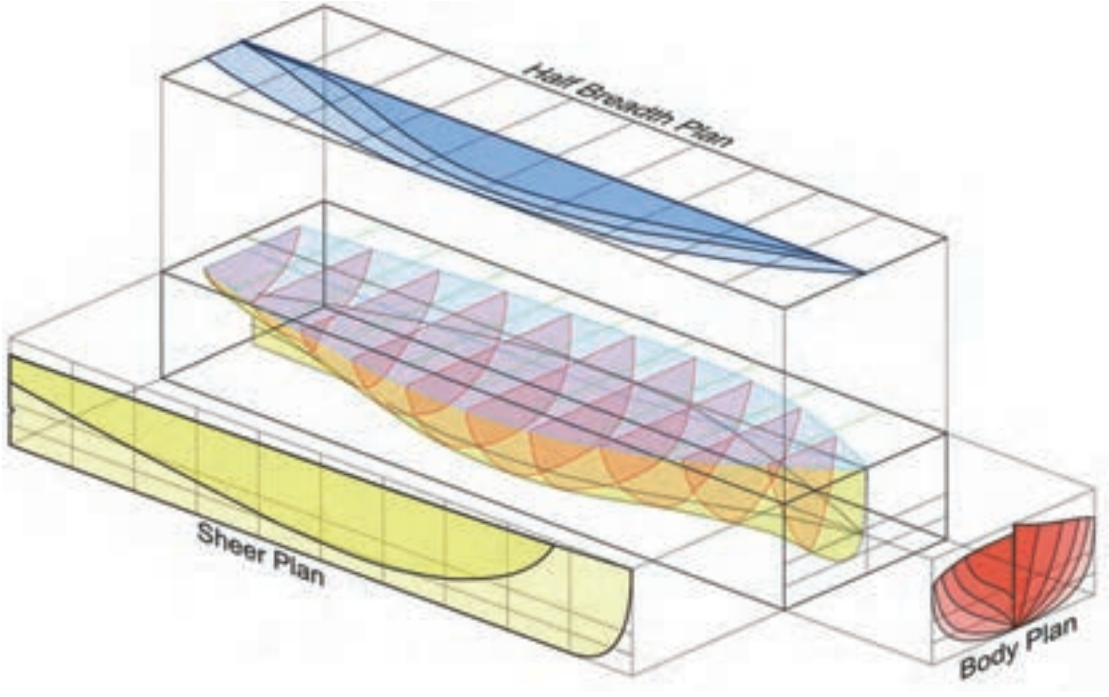
برای کاهش مقاومت و همچنین تعادل پایدار، کشتی طوری ساخته می‌شود که طرفین آن نسبت به صفحه‌ای که به‌طور قائم از سینه و پاشنه آن عبور می‌کند قرینه باشد. این صفحه یا سطح قائم سرتاسری ـ (Line PlaneMiddle) از سطوح بسیار مهم کشتی است. محل برخورد صفحه فوق با سطح عرشه خطی را تشکیل می‌دهد که به آن «خط سرتاسری» می‌گویند. اگر کشتی به‌وسیله این صفحه برش داده شود به آن «تصویر نیمرخ» یا «سطح مقطع طولی کشتی» می‌گویند. از سطوح مهم دیگری که می‌توان نام برد، سطح مقطع افقی است که به آن «سطح مقطع آبخور»(Design water plane) نیز می‌گویند. این سطح عمود بر سطح قائم سرتاسری است که آن نیز به‌عنوان سطح مبنا در اندازه‌گیری‌های ساختمان کشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

محل برخورد این سطح با بدنه کشتی را خط آبخور تشکیل می‌دهد که معمولاً حداکثر آبخور مجاز برای کشتی‌ها تا این سطح در نظر گرفته می‌شود. سومین سطح مهمی که می‌توان از آن نام برد، برش عرضی کشتی است که بر هر دو سطح قائم سرتاسری و سطح مقطع آبخور عمود بوده و با آنها زاویه قائمه می‌سازد. سطح مقطع یا برش عرضی معمولاً نشان‌دهنده قرینه بودن نسبت به خط وسط است. قسمت‌های آبی‌رنگ در (شکل ۱۹) برش طولی، عرضی و افقی کشتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۹ـ برش‌های مختلف کشتی

اگر صفحاتی موازی با سطح مقطع آبخور و عمود بر سطح قائم سرتاسری، بدنه کشتی را قطع نمایند، به آنها نیز سطح مقطع آبخور می‌گویند، اگرچه این سطوح خارج از آب و یا در داخل آب قرار گرفته باشند. این سطوح معمولاً نسبت به خط سرتاسری قرینه هستند. همان‌طور که در شکل (۲۰) دیده می‌شود در تصویر قائم، سطح مقطع‌های آبخور یکی در داخل دیگری قرار می‌گیرد و خط بیرونی نشان‌دهنده عریض‌ترین قسمت بدنه کشتی است. در تصویر افقی، سطح مقطع یا برش عرضی را در سمت راست شکل می‌توان مشاهده کرد، به‌طوری‌که قسمت سمت راست نشان‌دهنده برش‌های عرضی قسمت سینه و سمت چپ برش‌های عرضی قسمت پاشنه را نمایش می‌دهد. خطوط افقی نشان داده‌شده در تصویر نیم‌رخ خطوط آبخور می‌باشند که یکی بالای دیگری و به‌طور موازی قرار گرفته‌اند.



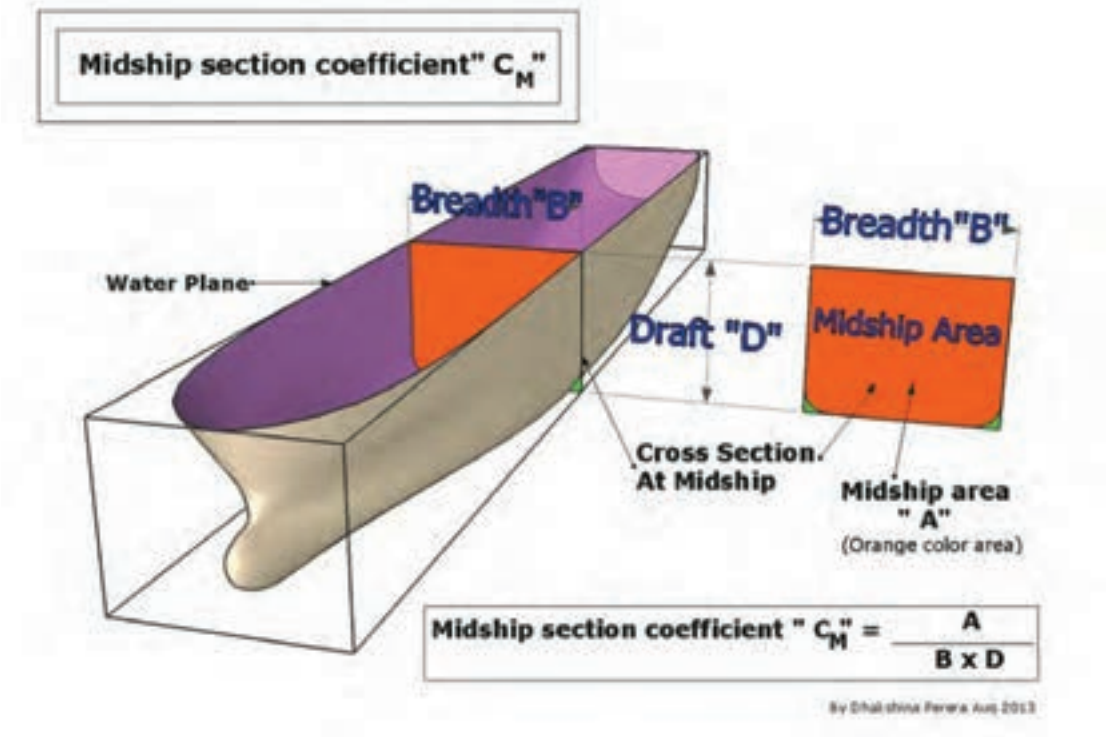
شکل ۲۰ ـ خطوط بدنه در مقاطع مختلف

ضرایب بدنه

همان‌طور که در مبحث قبل اشاره شد یک کشتی به‌صورت مکعب نبوده و برای کاهش مقاومت آب و تعادل بهتر به‌صورت انحنادار ساخته می‌شود که به همین دلیل نیاز به تعریف یک سری ضرایب بدنه است تا بتوان براساس آنها مساحت مقاطع و همچنین حجم زیرآبی را محاسبه کرد.

ضریب مقطع عرضی میانی C_m (Midship section coefficient)

این ضریب عبارت است از نسبت سطح مقطع آن در هر آبخور، به مستطیل معادل آن در قسمت زیر سطح آب.



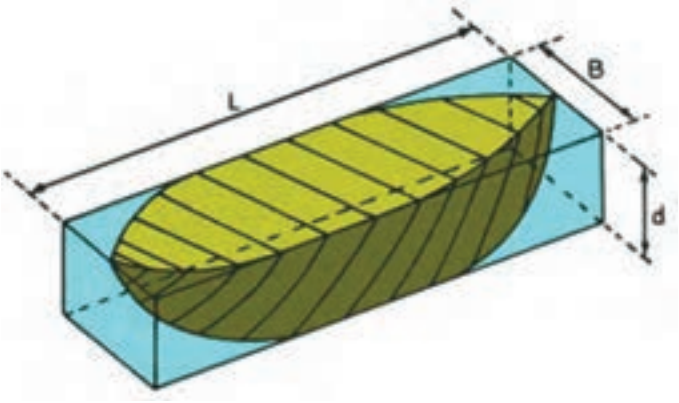
شکل ۲۱ـ ضریب مقطع عرضی میانی

بحث کلاسی

اصطلاحات به‌کار رفته در تصویر بالا را ترجمه کنید.

ضریب ظرافت و یا ضریب حجمی (Block coefficient) C_b

این ضریب برای هر مقدار از آبخور، عبارت است از نسبت حجم جابه‌جایی در آن آبخور به حجم مکعب مستطیل معادل آن حجم.



$$C_B = \frac{\text{Volume of displacement}}{L \times B \times d}$$

Therefore:

$$\text{Displacement}_{ship} = (L \times B \times d \times c_B) \times p$$

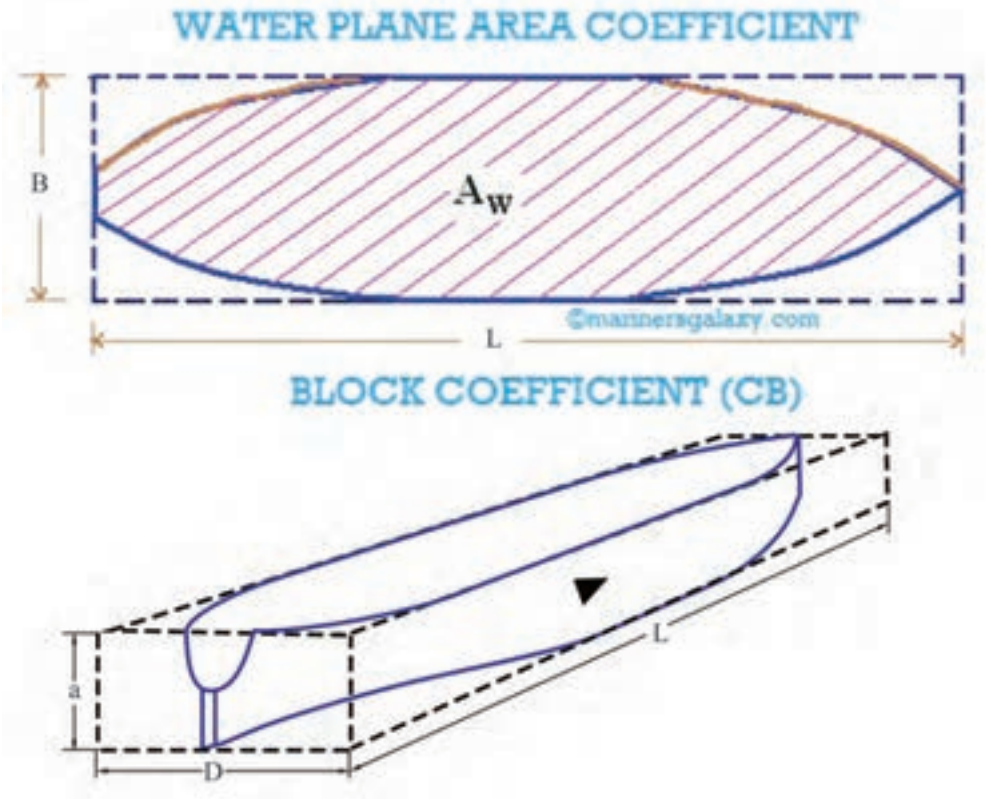
شکل ۲۲ـ ضریب ظرافت

کاردرکلاس

طول یک کشتی برابر با ۶۴ متر و عرض آن ۱۰ متر است. آبخور کشتی در حالت خالی برابر با ۱/۵ متر و در صورتی که بارگیری شده باشد برابر با ۴ متر است. ضریب ظرافت حجمی آن برابر با ۶/. در آبخور حالت خالی کشتی و ۷۵/. در آبخور بارگیری شده است. مقدار وزن بار کشتی را پیدا کنید.
(چگالی آب برابر با ۱/۰۲۵ است).

ضریب صفحه آب C_W (coefficient waterline)

این ضریب عبارت است از سطح مقطع آبخور به مستطیل معادل آنکه بر سطح مقطع آبخور محیط است.



شکل ۲۳ـ ضریب صفحه آب

محاسبه غوطه‌وری

برای انجام محاسبات پایداری، باید با مفهوم T.P.C آشنا شویم:

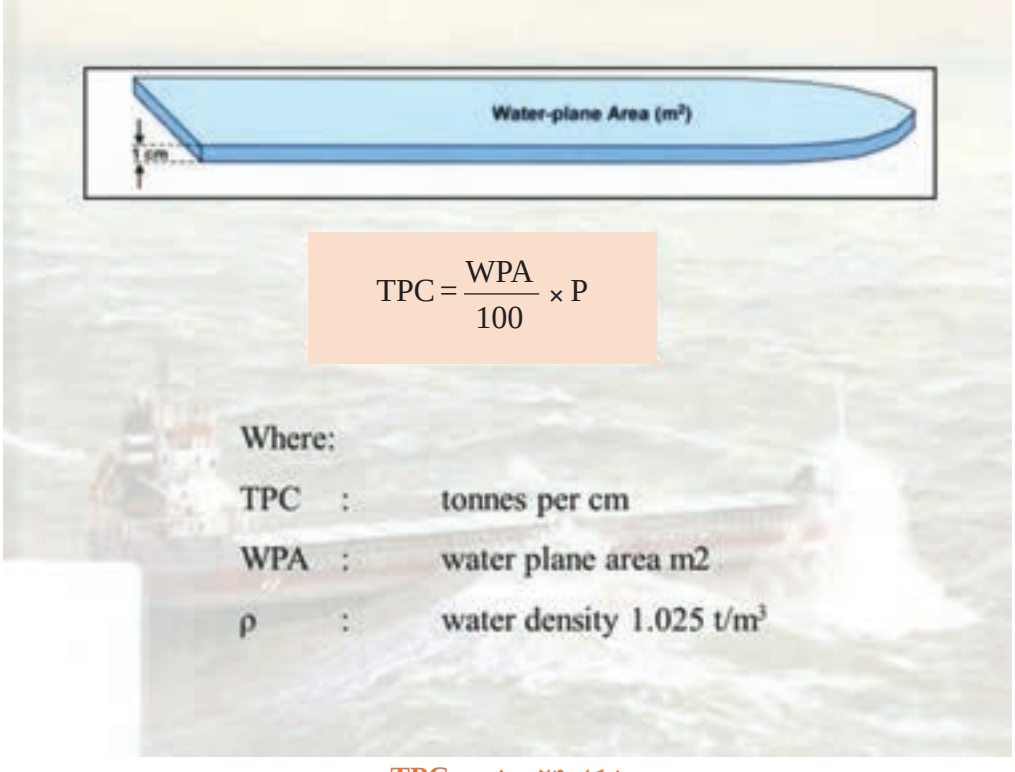
(Tones per Centimeter) T.P.C

کشتی همیشه مقدار آبی برابر با وزن خود را جابه‌جا می‌کند، اگر وزنه‌ای به آن افزوده شود، کشتی بیشتر در آب فرورفته و خط آبخور جدیدی پیدا خواهد کرد که فاصله بین دو خط آبخور برابر با مقدار اضافه‌شده است. در محاسبات تغییر وزن جابه‌جایی، نسبت به تغییرات آبخور، دانستن این نکته بسیار مفید خواهد بود که بدانیم چند تن بار لازم است تا یک سانتی‌متر در آبخور کشتی تغییر ایجاد شود. این حالت را اصطلاحاً T.P.C

می‌گویند.
T.P.C برای هر آبخور خاص عبارت است از میزان وزنی که به کشتی اضافه و یا از آن کم می‌شود تا آبخور آن در آب‌شور به‌اندازه یک سانتی‌متر افزایش و یا کاهش یابد.
از آنجایی‌که یک سانتی‌متر نسبت به ارتفاع کشتی بسیار کوچک است، در محاسبات با اطمینان می‌توان فرض نمود که دو سطح آبخور که یک سانتی‌متر باهم فاصله دارند، باهم برابرند و خط بدنه کشتی در فاصله این دو خط آبخور قائم است؛ بنابراین حجم قسمت بین دو سطح مقطع آبخور (میزان حجم جدیدی که داخل آب فرورفته) سطحی است برابر سطح آبخور که دارای ضخامت یک سانتی‌متر است.
اگر سطح خط آب (سطح مقطع آبخور) را با A نشان دهیم. حجم قسمت بین دو سطح مقطع آبخور (حجم اضافه فرورفته) برابر A/۱۰۰ می‌شود.

تعیین رابطه T.P.C

با توجه به (شکل ۲۴) فرض کنید وزن یک‌تن را به یک شناور اضافه کنیم تا باعث فرورفتگی کشتی به اندازه یک سانتی‌متر شود. جرم اضافه‌شده باعث می‌شود که کشتی آبی به وزن آن جرم را جابه‌جا کند و این جابه‌جایی باعث می‌شود کشتی یک سانتی‌متر بیشتر در آب فرو برود.



شکل ۲۴ـ مفهوم TPC

بحث کلاسی

اصطلاحات به‌کار رفته در تصویر بالا را ترجمه کنید.

بنابراین جرم مایع جابه‌جاشده را می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد:

$$\text{جرم مایع جابه‌جا شده} = A \times \frac{۱}{۱۰۰} \times \rho$$

که در این رابطه، ρ چگالی آب است. چون W وزنه‌ای است که باعث فرورفتگی کشتی به‌اندازه یک سانتی‌متر گردیده است، لذا:

$$T.P.C = W$$

بنابراین

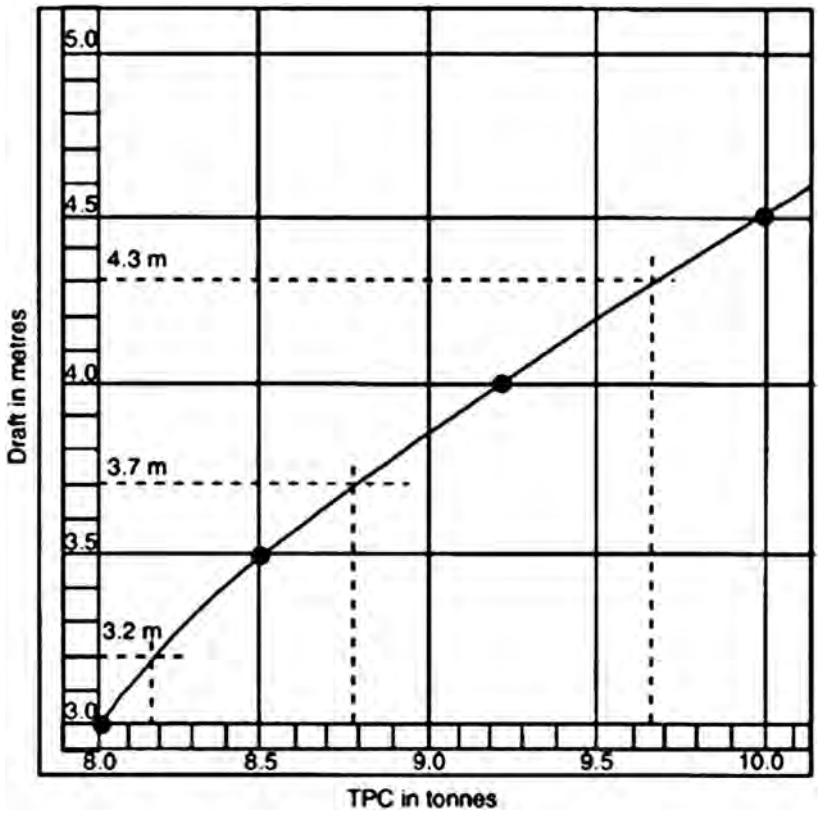
$$T.P.C = A \times \frac{۱}{۱۰۰} \times \rho$$

کار در کلاس

سطح مقطع یک کشتی در آبخور آن ۱۵۵۷ مترمربع است. T.P.C و میزان افزایش آبخور در صورت افزایش وزنه‌ای به وزن ۲۷۵ تن را به‌دست آورید. چگالی آب دریا را ۱/۰۲۵ تن بر مترمکعب فرض کنید.

محاسبه TPC به کمک منحنی

این منحنی که با رسم T.P.C براساس آبخور یک کشتی به‌دست می‌آید در اختیار خریدار کشتی قرار می‌گیرد تا هنگام بارگیری مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۲۵ـ منحنی TPC

با توجه به منحنی، مقدار T.P.C در آبخور ۳/۷، برابر با ۸/۷۸ تن می‌شود.

اثرات تغییر چگالی آب دریا بر پایداری کشتی

شناورها در مسیر تردد خود از آب‌هایی با چگالی‌های مختلف عبور می‌کنند. این محدوده تغییر چگالی از ۱/۰۰۵ در دهانه رودخانه‌ها و مناطق قطبی تا $1/028\ t/m^3$ در دریاچه‌های نمک و خلیج‌ها تغییر می‌کند. در برخی مواقع نیز فرض می‌شود شناور در آب شیرین با چگالی $1\ t/m^3$ قرار دارد.

تغییر چگالی باعث دو تغییر اساسی در وضعیت شناور می‌شود:

۱ تغییر آبخور.

۲ تغییر شیب براثر جابه‌جا شدن مرکز بویانسی و ایجاد ممان شیب‌دهنده.

نمادی از خودباوری

نوآوری پل دوبه‌ای ـ راز حفظ آبادان

خلاقیت در شرایط بحرانی نظامی، با وجود انسجام تمام توانایی فنّاوری دنیای استکبار برای مبارزه با انقلاب اسلامی، از ویژگی‌های مورد توجه در دفاع مقدس است.

وجود موانع طبیعی مثل آبراهه، رودخانه، هور و... در عرصه نبرد جنوب و غرب کشور و ضرورت گذر از آن به پل‌هایی متناسب با وضعیت جغرافیایی منطقه نیاز داشت.

در وضعیتی که خرمشهر اشغال‌شده بود و آبادان نیز در محاصره ارتش دشمن بعثی قرار داشت، نیروهای رزمنده و مدافعین شهر، نیاز ضروری به عملیات پشتیبانی و ارسال مهمات و تدارکات داشتند. از طرفی به‌منظور مقاومت در برابر ارتش مجهز دشمن نیاز به جابه‌جایی امکانات و نیروهای رزمی بود. ایجاد پل بشکه‌ای بر روی بهمن‌شیر یکی از این ابتکارات بود.

بعد از احداث پل بشکه‌ای بر روی بهمن‌شیر دشمن به فکر تخریب آن افتاد و برای انجام این ایده تعدادی سطح شناور را که به نام «بارج» یا معروف به «دوبه» که دارای وزن زیاد و سطح وسیعی بود بر روی آب بهمن شیر رها کرد تا با پل بشکه‌ای برخورد کرده و آن را تخریب نماید. در ابتدای کار دشمن به خواسته خود رسید اما با دست خودش مقدمات ساخت پل محکم‌تر و کارا مدتری را فراهم نمود.

سردار شهید مصطفی هزاردستان و دیگر نیروهای ایثارگر پشتیبانی و مهندسی جنگ جهاد سازندگی استان اصفهان، دست به یک ابتکار و خلاقیت بسیار جالب در زمینه احداث پل بر روی رودخانه «بهمن‌شیر» زدند. آنان با استفاده از همین دوبه‌ها اتصال آنها به یکدیگر، توانستند ارتباط لازم را جهت پشتیبانی از رزمندگان مستقر در منطقه آبادان برقرار سازند. (سطح یا بارج یا دوبه، سازهٔ فلزی مکعب مستطیلی است که به‌صورت توخالی ساخته شده است دارای حدود ۳۰ متر طول و ۱۰ متر عرض است که با ارتفاع ۱۰۰ تا ۲۵۰ سانتی‌متری خود دارای ۰/۵ تا ۲ متر آبخور است و به‌صورت شناور بر روی آب قرار می‌گرفت)

شهید مصطفی هزاردستان درباره ابتکار دوم چنین می‌گوید:

«ما دوبه‌ها را گرفتیم و به هم لولا کردیم. بازده این حرکت این شد که پلی زدیم به طول ۲۵۰ متر. از روی پل بشکه‌ای حداکثر یک تویوتا و یا یک آمبولانس می‌گذشت، ولی از روی این پل، روزها تانک چیفتن می‌آوردند عقب و شب‌ها آن را می‌بردند در خط مقدم، یعنی این پل بازده‌اش از پل اولی خیلی زیادتر بود.»

برای پیدا کردن دوبه‌ها سراسر رودخانه کارون و بهمن‌شیر و بخش‌هایی از رودخانه اروند مورد بررسی و دقت قرار گرفت و تعدادی دوبه از آب خارج شد. ابتدا با باز کردن دریچه‌ای و پمپاژ آب درون دوبه، گل‌ولای داخل آن را تخلیه می‌کردند و سپس سوراخ‌های ایجادشده در اثر ترکش ترمیم می‌شد (ابتدا سوراخ‌ها به‌وسیله کوبیدن چوب مسدود و سپس با جوشکاری کاملاً تعمیر می‌شد). در نهایت به‌وسیله یدک‌کش (تک) آنها را به محل احداث پل برده با جوشکاری به یکدیگر متصل می‌کردند.

پایه پل را با بتن‌ریزی در اطراف رودخانه محکم کردند و با سیم بکسل به پل متصل نمودند. مدت چهار ماه وقت و امکانات صرف شد تا اینکه دوبه‌های آماده، به همدیگر جوشکاری و این پل احداث گردید. مراحل مختلف ساخت و بهره‌برداری پل دوبه‌ای و مصاحبه شهید هزاردستان، کنار این پل، در شکل نشان داده شده است.
شهید هزاردستان دوازده پل را در مدت هیجده ماه برای رزمندگان ساخت و دوازدهمین و آخرین پل دوبه‌ایِ خود را باشکوه، زیبایی و استحکام، در ابتدای عملیات بیت‌المقدس در منطقه احداث کرد و پس از مدت کوتاه به شهادت رسید. (یادش گرامی و راهش پر رهرو باد).

ارزشیابی

۱ـ مرکز ثقل را تعریف نمایید.
۲ـ انواع تعادل را نام‌برده و هر کدام را توضیح دهید.
۳ـ بررسی نمایید کشتی طبق چه قانونی بر روی آب شناور می‌ماند و قانون مذکور را تشریح نمایید.
۴ـ بررسی کنید خط بارگیری چیست و چهار مورد از خطوط بارگیری را تشریح نمایید.
۵ـ بررسی نمایید اگر در یک کشتی ۱۲۰۰۰ تنی باری به وزن ۵۰ تن به‌اندازه ۳۰ متر به سمت راست کشیده شود، مرکز ثقل چقدر جابه‌جا خواهد شد.
۶ـ مراکز شناوری و متاسنتریک را بررسی نمایید.
۷ـ شناوری جعبه‌ای شکل، با ابعاد ۱۰۰ متر طول، ۳۰ متر عرض و ۱۵ متر عمق در آب شیرین شناور است. در صورتی‌که وزن شناور ۳۰ تن باشد، حجم شناوری ذخیره آن را پیدا کنید.
۸ـ ۶ مورد از اصطلاحات پرکاربرد در کشتی را تعریف نمایید.
۹ـ سه حالتی که مرکز ثقل و متاسنتر نسبت به هم در یک کشتی جابه‌جا می‌شوند را بررسی نمایید.
۱۰ـ ضرایب بدنه را تعریف نمایید.
۱۱ـ TPC به چه معناست.
۱۲ـ با حرکت کشتی از آب‌شور به آب شیرین چه تغییری در آب خور آن ایجاد می‌شود.
۱۳ـ سطح مقطع یک کشتی در آبخور آن ۱۵۰۰ مترمربع است. T.P.C و میزان افزایش آبخور در صورت افزایش باری به وزن ۳۰۰ تن را به دست آورید. چگالی آب دریا را ۱/۰۲۵ تن بر مترمکعب فرض کنید.

جدول ارزشیابی پودمان

عنوان پودمان فصل	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
پایداری کاربردی کشتی	تحلیل اصول شناوری	تحلیل اصول شناوری، انواع تعادل، تناژ، نقاط مؤثر بر تعادل و به‌کارگیری مدیریت صحیح در بارگیری برای حفظ پایداری کشتی	بالاتر از حد انتظار	۱ـ بررسی اصول شناوری. ۲ـ بررسی انواع تعادل و تناژ. ۳ـ بررسی نقاط مؤثر بر پایداری و بارگیری. هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های بالا را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ـ بررسی اصول شناوری. ۲ـ بررسی انواع تعادل و تناژ. ۳ـ بررسی نقاط مؤثر بر پایداری و بارگیری. هنرجو توانایی بررسی ۲ مورد از شاخص‌های بالا را داشته باشد.	۲
	به‌کارگیری مدیریت صحیح در بارگیری برای حفظ پایداری کشتی		پایین‌تر از حد انتظار	۱ـ بررسی اصول شناوری. ۲ـ بررسی انواع تعادل و تناژ. ۳ـ بررسی نقاط مؤثر بر پایداری و بارگیری. هنرجو توانایی بررسی ۱ مورد از شاخص‌های بالا را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

ارزشیابی شایستگی بررسی اصول تعادل کشتی

شرح کار:
تحلیل اصول شناوری
به‌کارگیری مدیریت صحیح در بارگیری برای حفظ پایداری کشتی

استاندارد عملکرد:
تحلیل اصول شناوری، انواع تعادل، تناژ، نقاط مؤثر بر تعادل و به‌کارگیری مدیریت صحیح در بارگیری برای حفظ پایداری کشتی

شاخص‌ها:
ـ بررسی اصول شناوری.
ـ بررسی انواع تعادل و تناژ.
ـ بررسی نقاط مؤثر بر پایداری و بارگیری.
ـ بررسی TPC و تغییرات آن

شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:
شرایط: کلاس مناسب و پرده‌نگار
ابزار و تجهیزات: پرده‌نگار و رایانه

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	بررسی اصول شناوری	۲	
۲	بررسی انواع تعادل و تناژ	۲	
۳	بررسی نقاط مؤثر بر پایداری و بارگیری	۱	
۴	بررسی TPC و تغییرات آن	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشتی و توجهات زیست‌محیطی ۱ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها ۲ـ دقت و تمرکز در اجرای کار ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر ۴ـ اخلاق حرفه‌ای	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.