اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

اصول شناوری

Principals of Buoyancy

ویرایش بهمن 1402

تجهیزات عملیات ساختمانی در دریا شناور هستند لذا آشنایی با اصول شناوری برای هر مهندس سازه دریایی ضروری است.

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

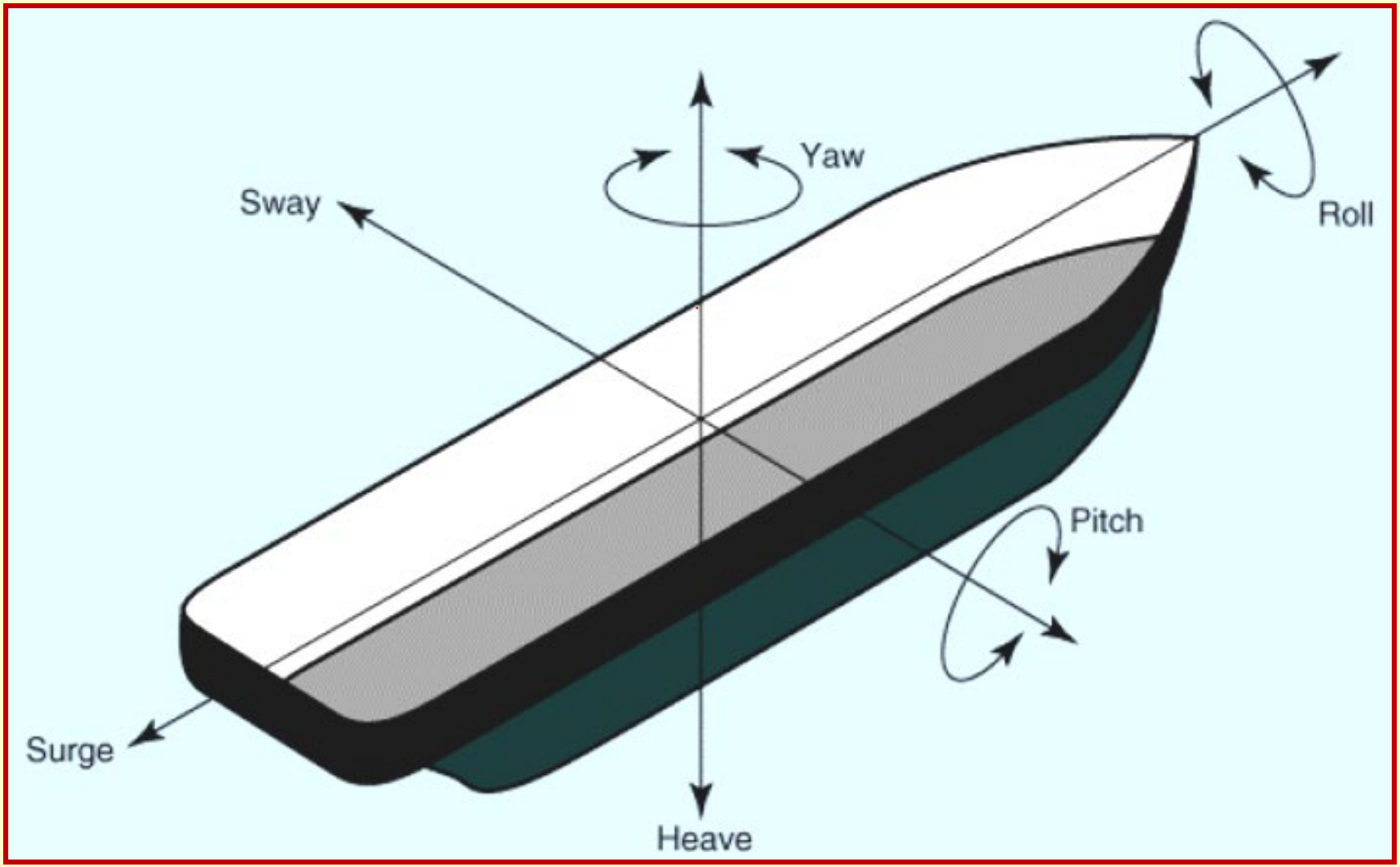
حرکات پایه شناورها

هر شناور 6 درجه آزادی دارد

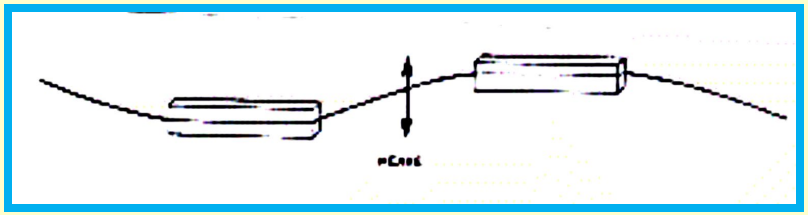
پس می تواند 6 نوع حرکت داشته باشد:

- سه حرکت **انتقالی** در جهت محورهای x، y و z .
- سه حرکت **دورانی** در حول محورهای x، y و z .

حرکات پایه شناور



حرکات انتقالی

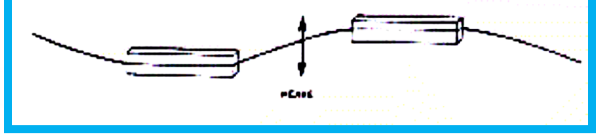


- بالا و پایین رفتن
- (HEAVE)

- چپ و راست رفتن
- (SWAY)

سو ای

- جلو و عقب رفتن
- (SURGE)

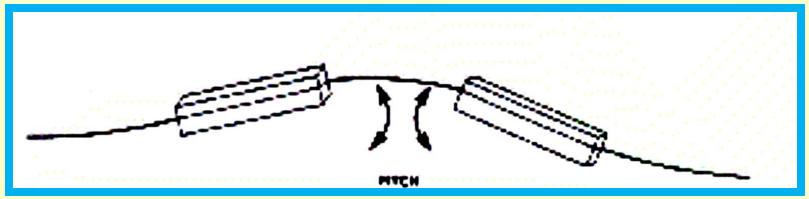


بالا و پایین رفتن شناور (HEAVE)

- چپ و راست رفتن
- (SWAY)

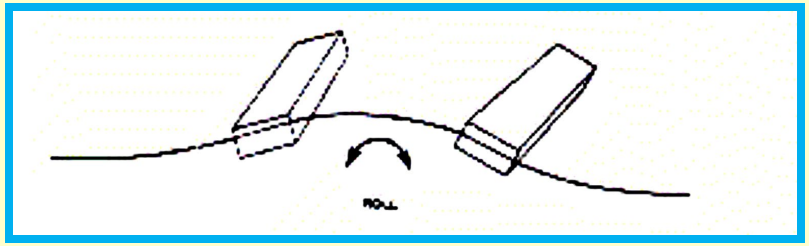
- جلو و عقب رفتن
- (SURGE)

حرکات دورانی

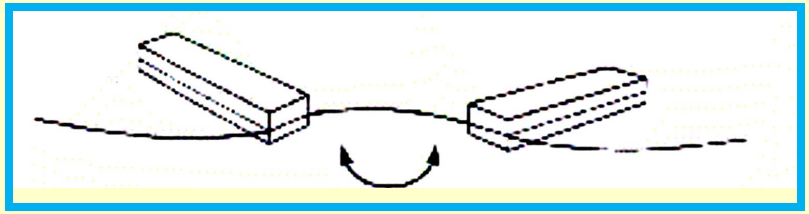


- اوج گرفتن
- (PITCH)

پیتچ

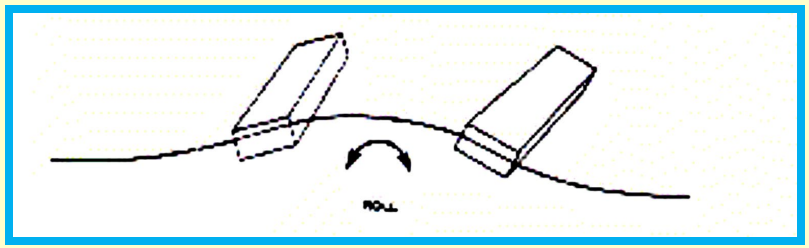


- چپ شدن
- (ROLL)

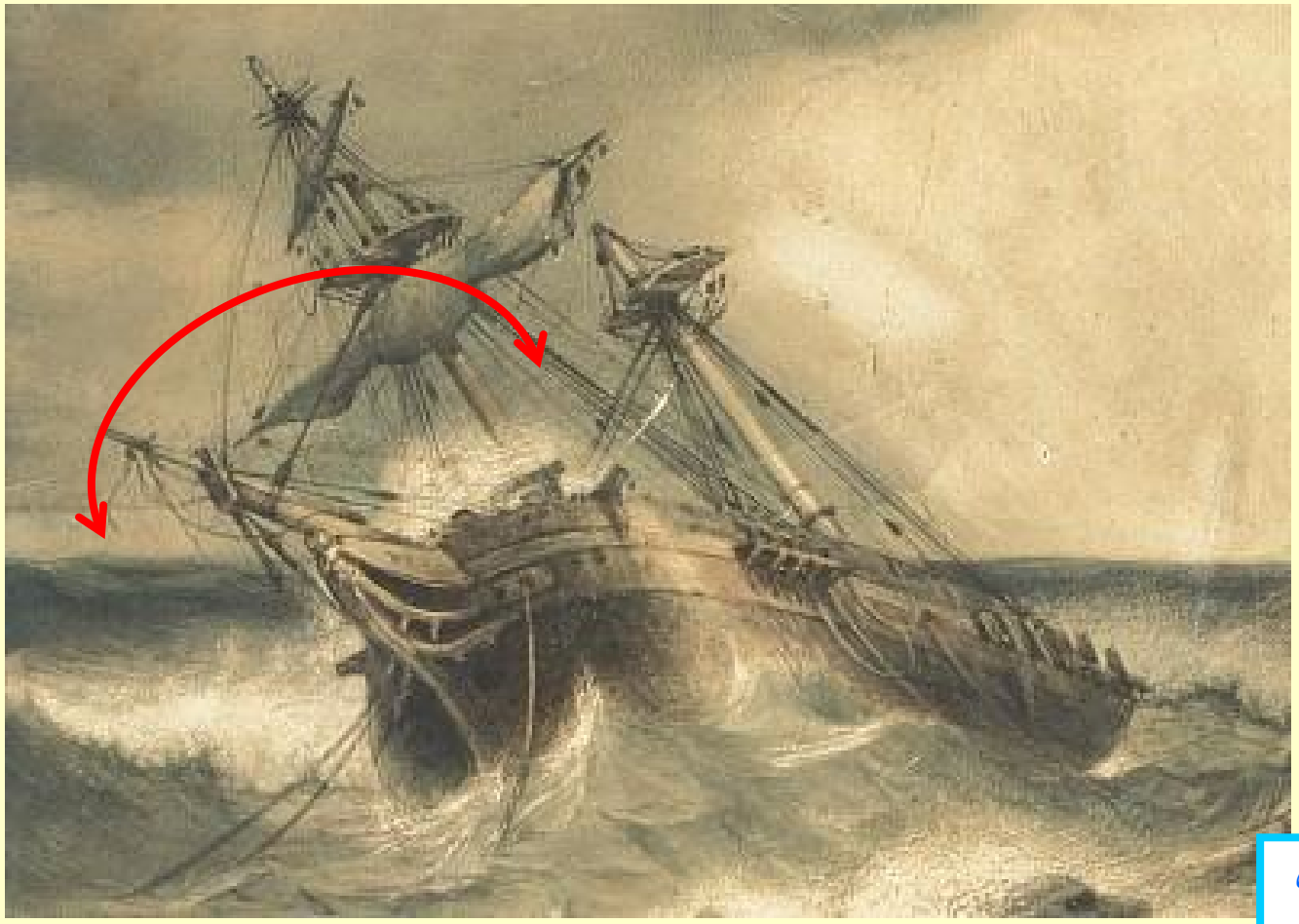


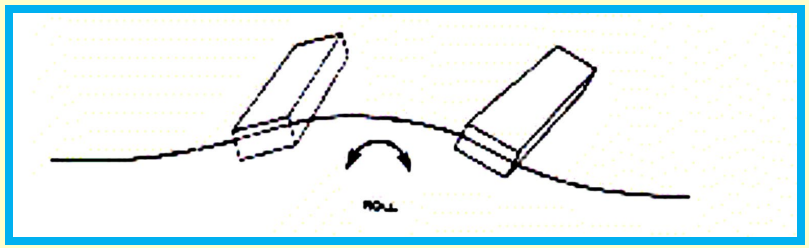
- پیچیدن
- (YAW)

یو

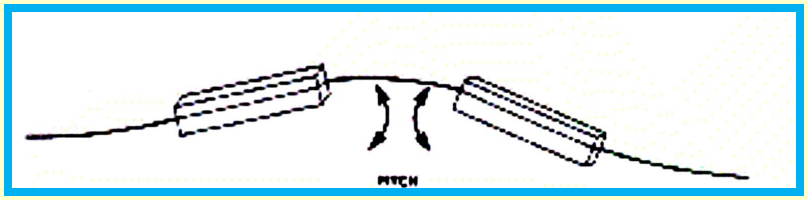


چپ شدن شناور (ROLL)



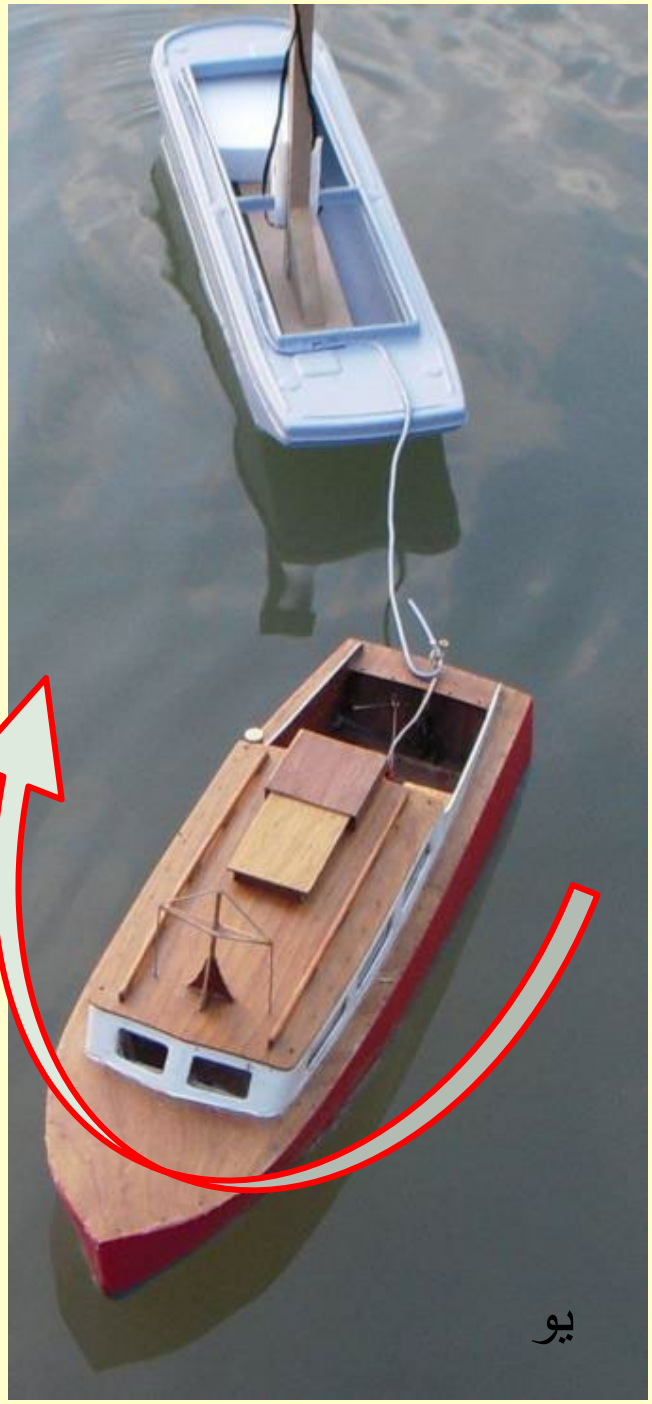


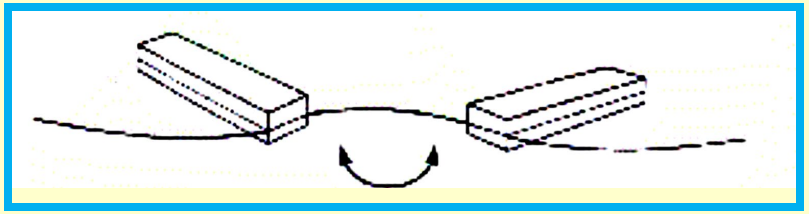
چپ شدن شناور (ROLL)



اوج گرفتن شناور
(PITCH)

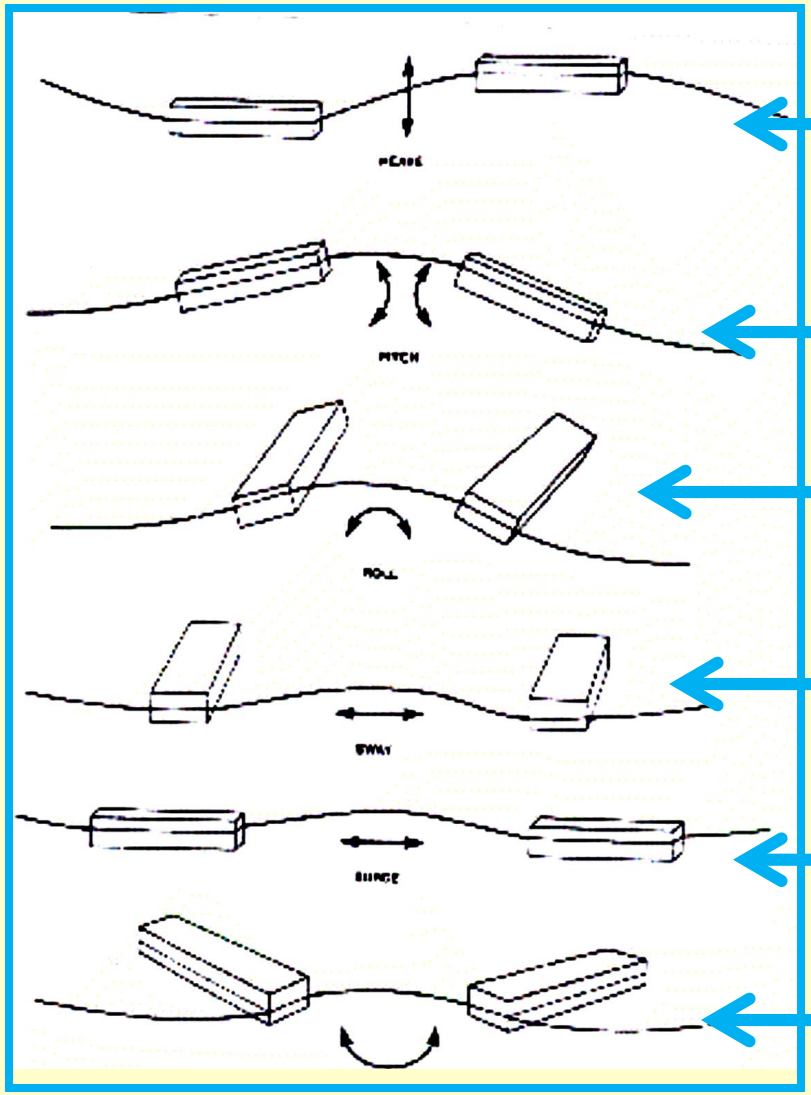
پیچیدن شناور در سطح آب (YAW)





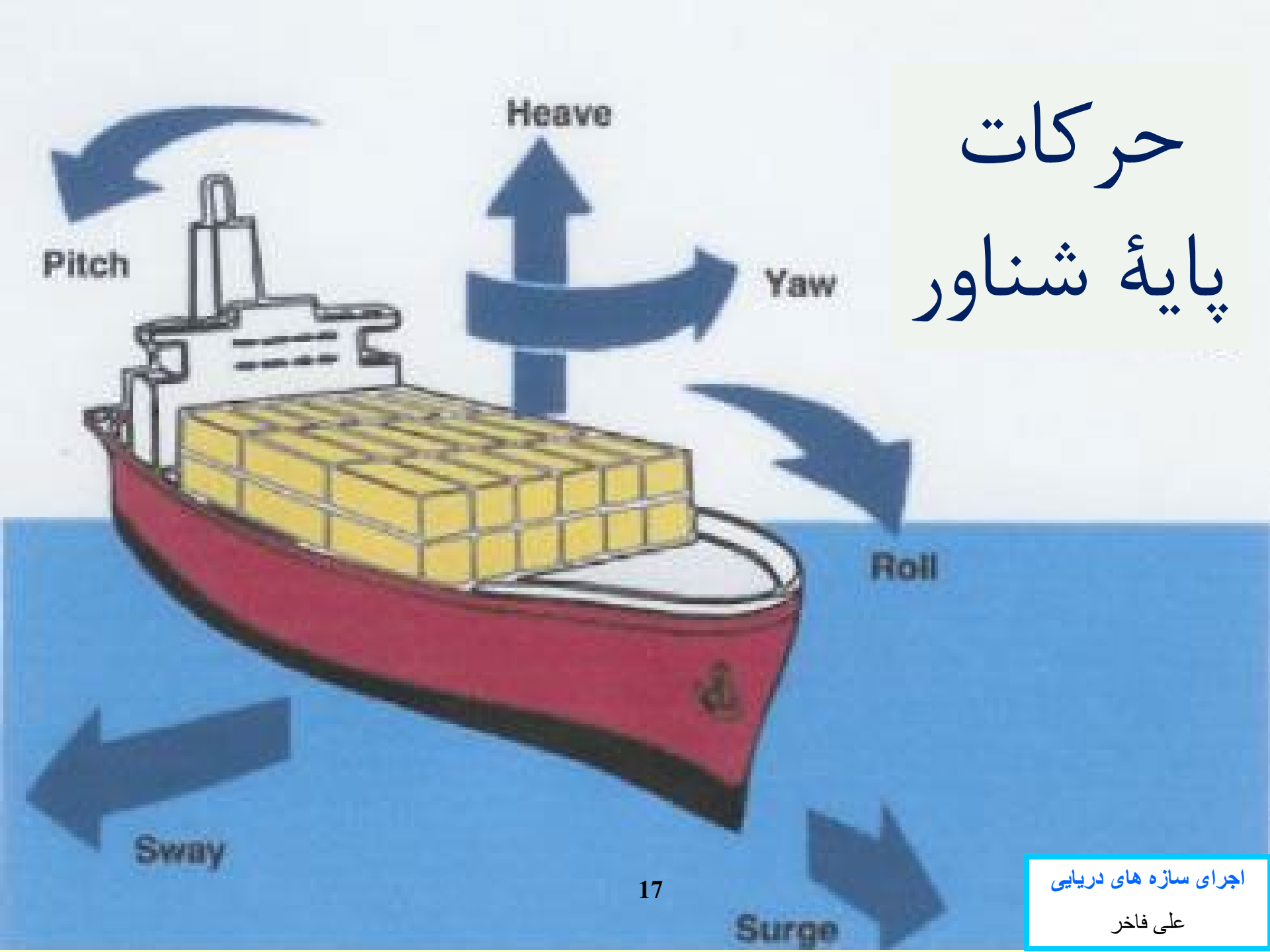
پیچیدن شناور در سطح آب (YAW)

همه حرکات پایهٔ شناورها

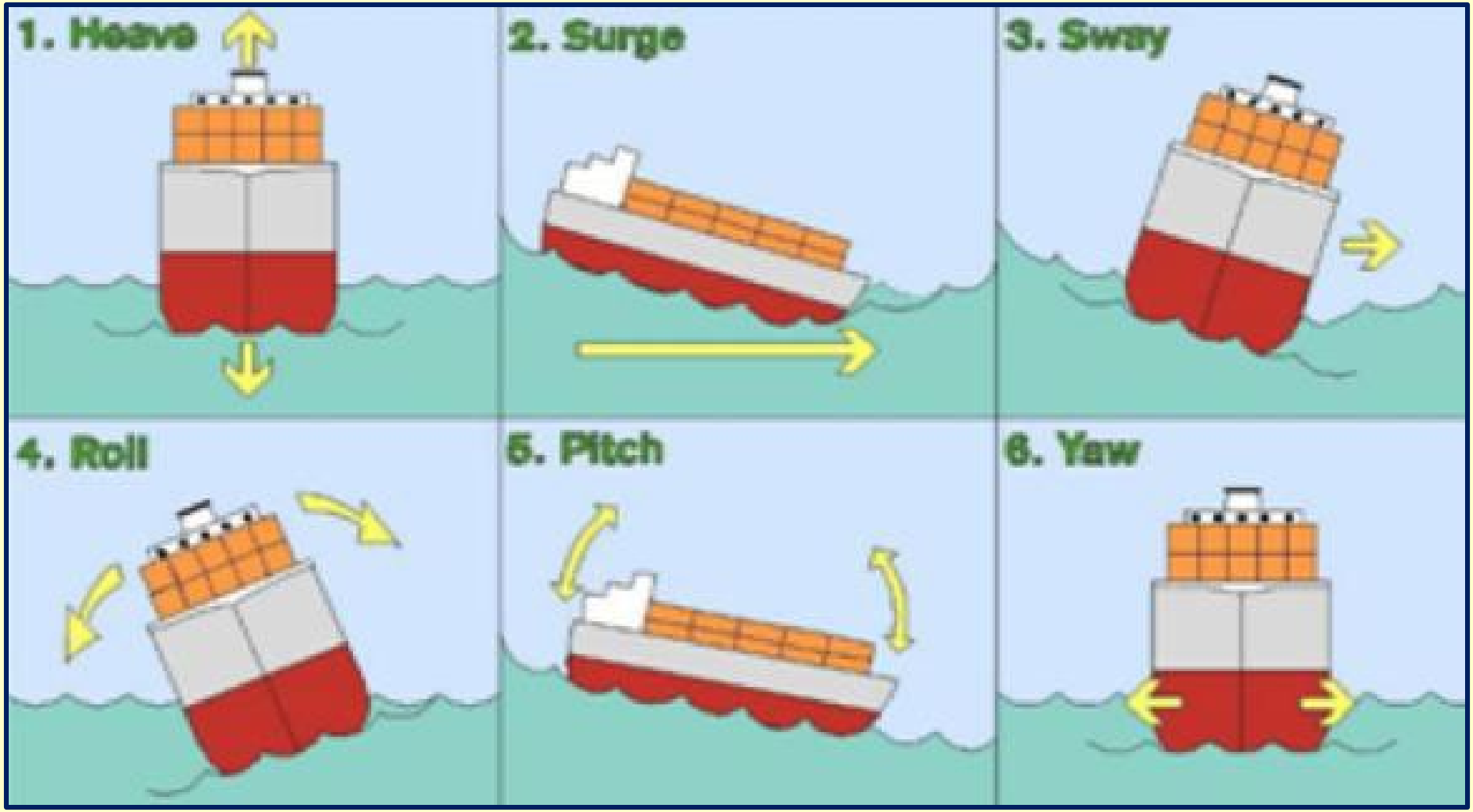


- بالا و پایین رفتن شناور (HEAVE)
- اوج گرفتن شناور (PITCH)
- چپ شدن شناور (ROLL)
- چپ و راست رفتن شناور (SWAY)
- جلو و عقب رفتن شناور (SURGE)
- پیچیدن شناور در سطح آب (YAW)

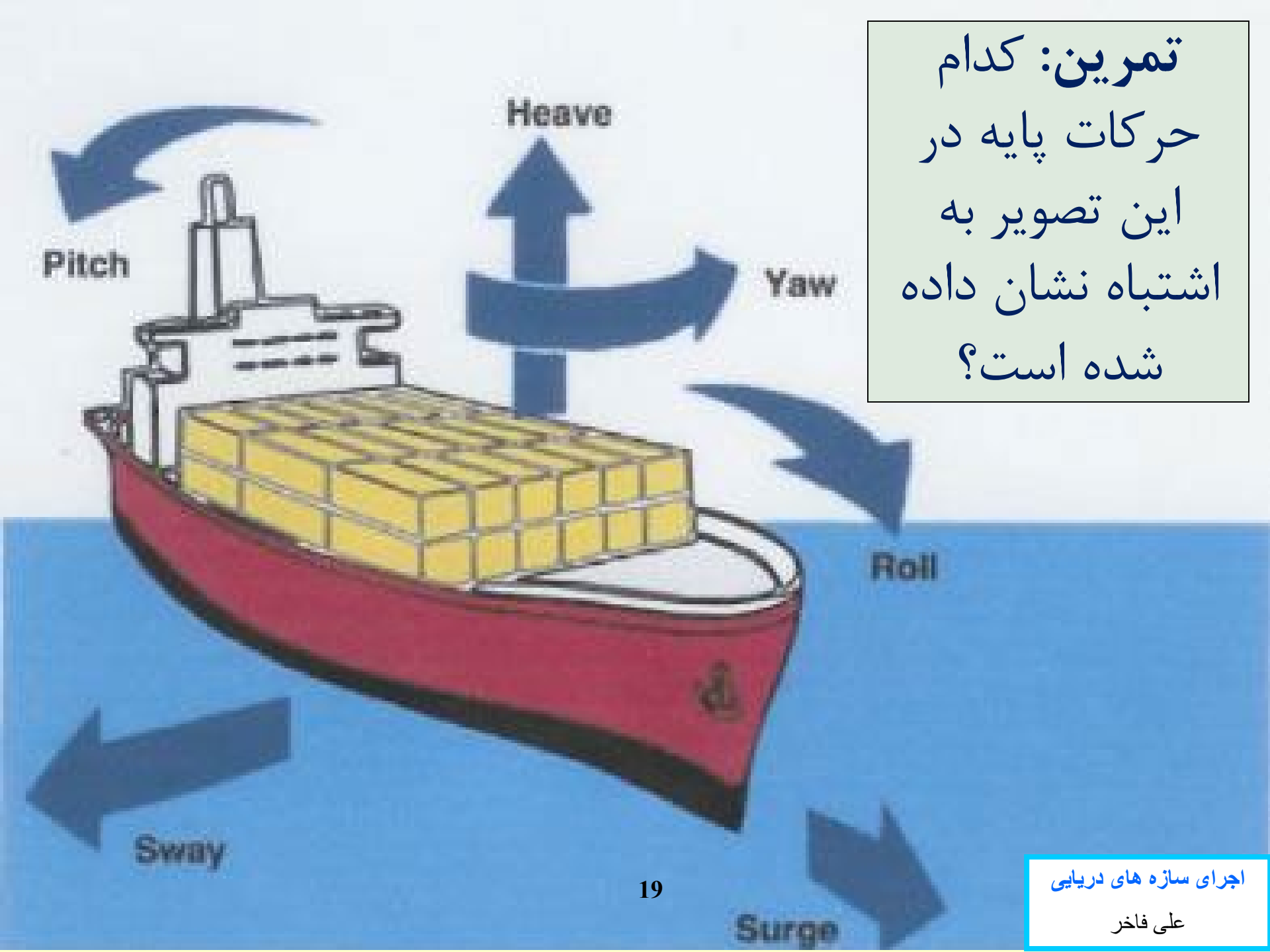
حرکات پایهٔ شناور



حرکات پایهٔ شناور



تمرین: کدام حرکات پایه در این تصویر به اشتباه نشان داده شده است؟

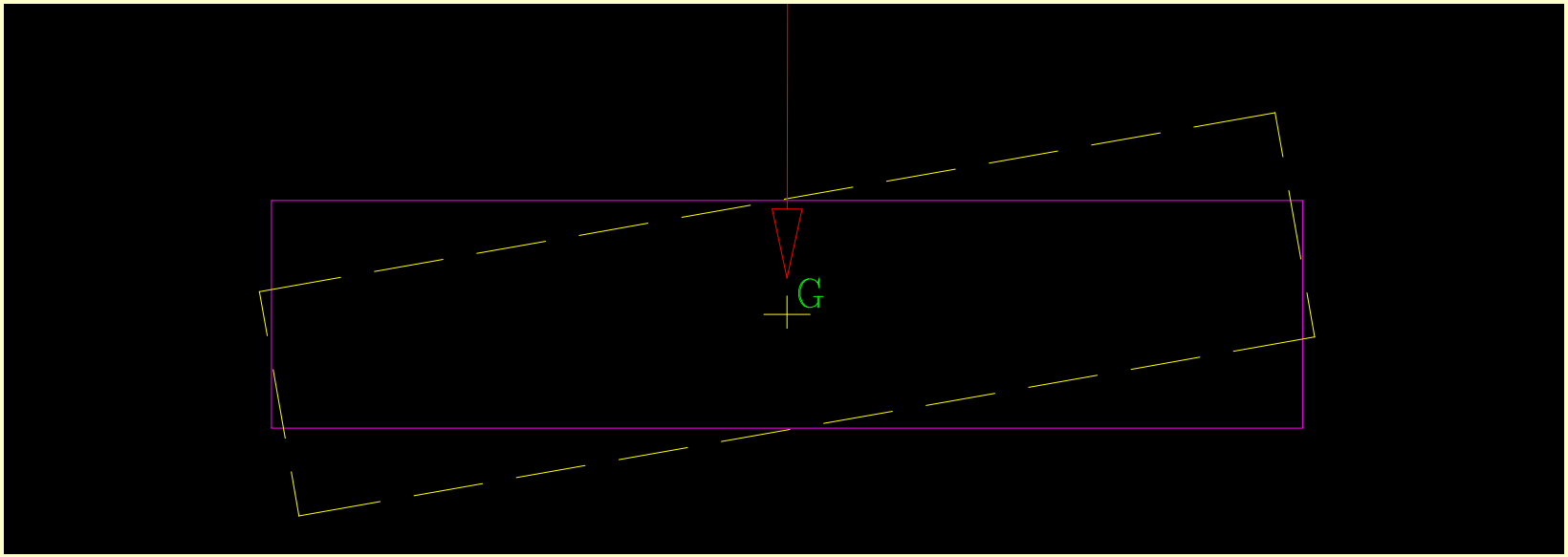


هر یک از حرکات پایه میتواند تناوبی (رفت و برگشتی) یا فقط در یک جهت باشد. برای مثال یک شناور که بر اثر موج "بالا و پایین" می رود، در حال حرکت تناوبی است. شناوری که با سرعت به "جلو" می رود در حال حرکت یک جهته است.

تناوبی بودن برخی از حرکات پایه مثل جلو و عقب رفتن وقتی مقدور است که شناور مهار شده باشد و تحت تاثیر نیروی متناوب موج قرار گیرد.

تناوبی بودن حرکات پایه (۱) بالا و پایین رفتن، (۲) اوج گرفتن و (۳) چپ شدن متداول است و بر اثر نیروی متناوب موج و نیروی وزن یا شناوری اتفاق می افتد.

حرکات ناشی از تلاطم آب درنقاط مختلف شناور فرق میکند. همواره کم ترین تلاطم در مرکز ثقل شناور است .

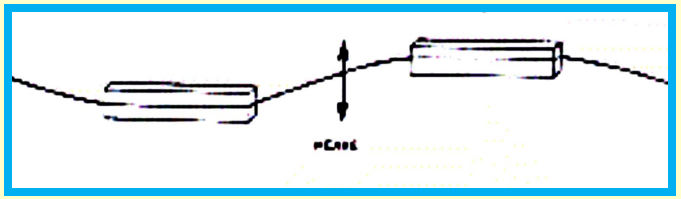


مهار شناور:

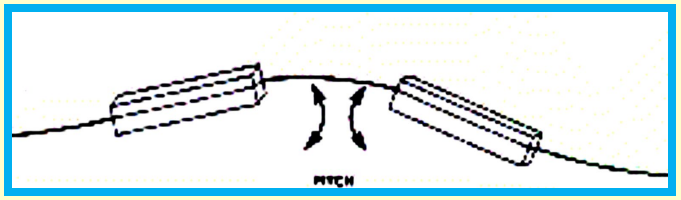
مهار شناور در دریا با **لنگر** انجام می شود. **لنگر** از طریق طناب یا زنجیر به شناور متصل می شود.

مهار شناور در کنار اسکله با بستن کشتی با طناب یا زنجیر به اسکله انجام می شود.

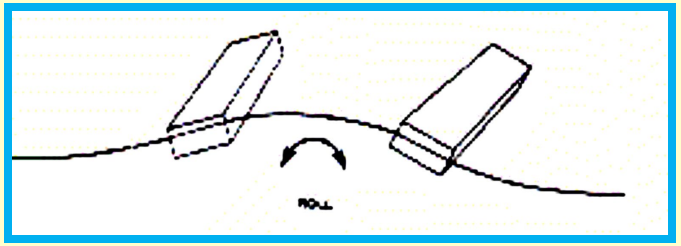
حرکات پایه زیر با مهار شناور و **لنگر**اندازی کنترل نمی شوند.



- بالا و پایین رفتن شناور (HEAVE)



- اوج گرفتن شناور(PITCH)

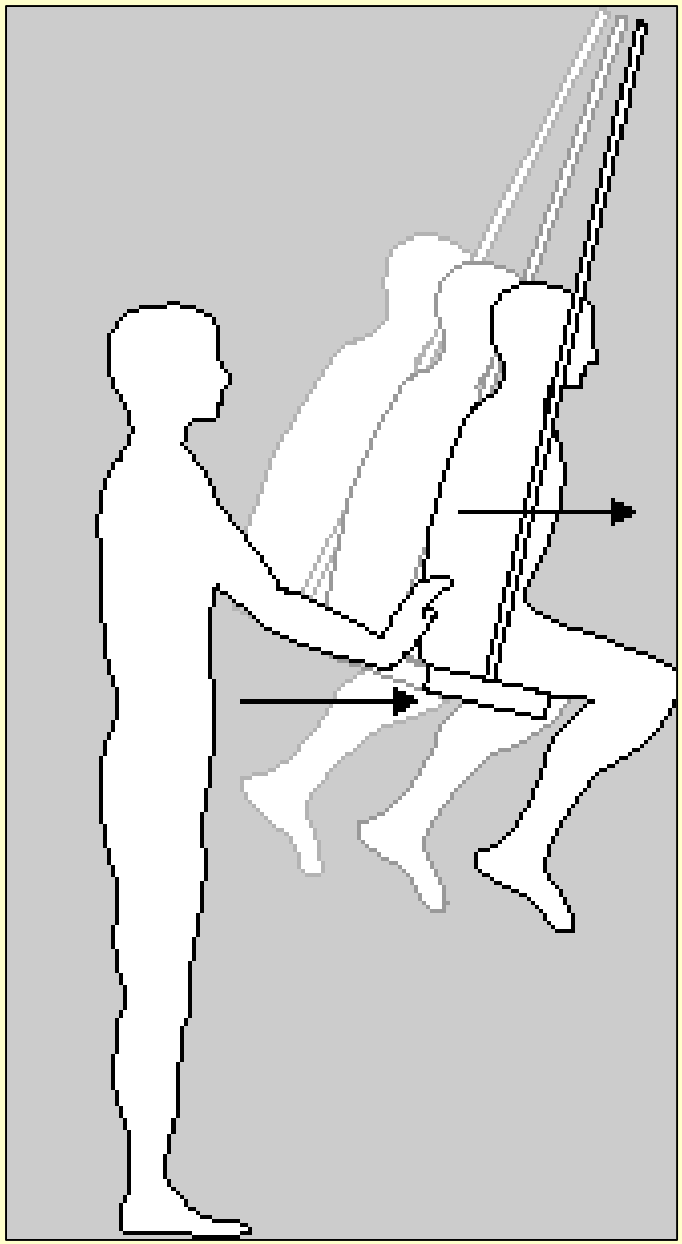


- چپ شدن شناور (ROLL)

فرکانس طبیعی شناور:

هر شناور برای هریک از 6 درجه آزادی، دارای فرکانس طبیعی (زمان تناوب تشدید) است:

- یک فرکانس تشدید بالا برای "**شناور**"
- یک فرکانس تشدید پایین برای مجموعه "**شناور و مهار**"

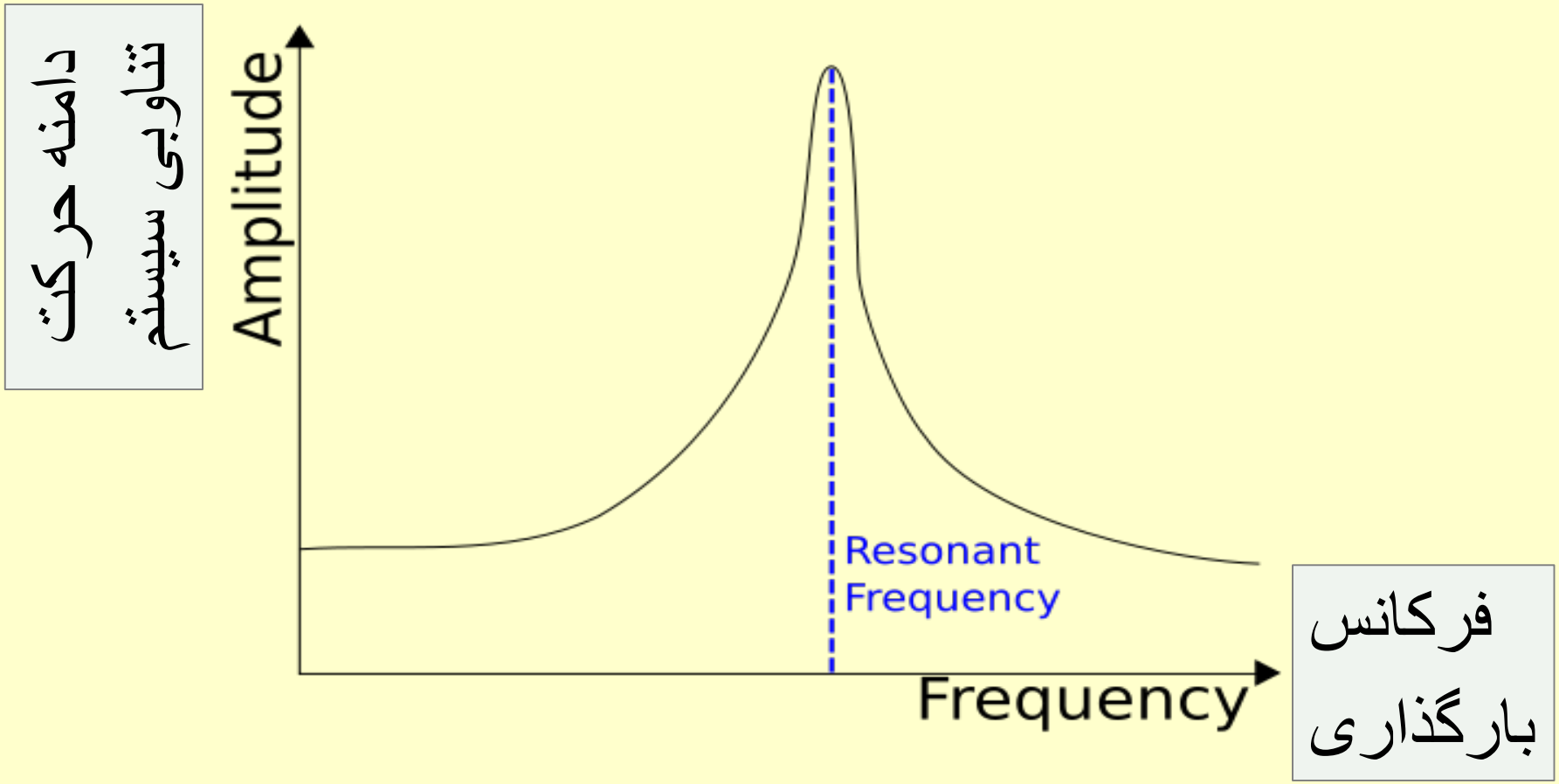


یادآوری فرکانس طبیعی:

رزونانس یا **تشدید** در شرایطی اتفاق می افتد که فرکانس بارگذاری و فرکانس طبیعی سیستم مشابه باشند.

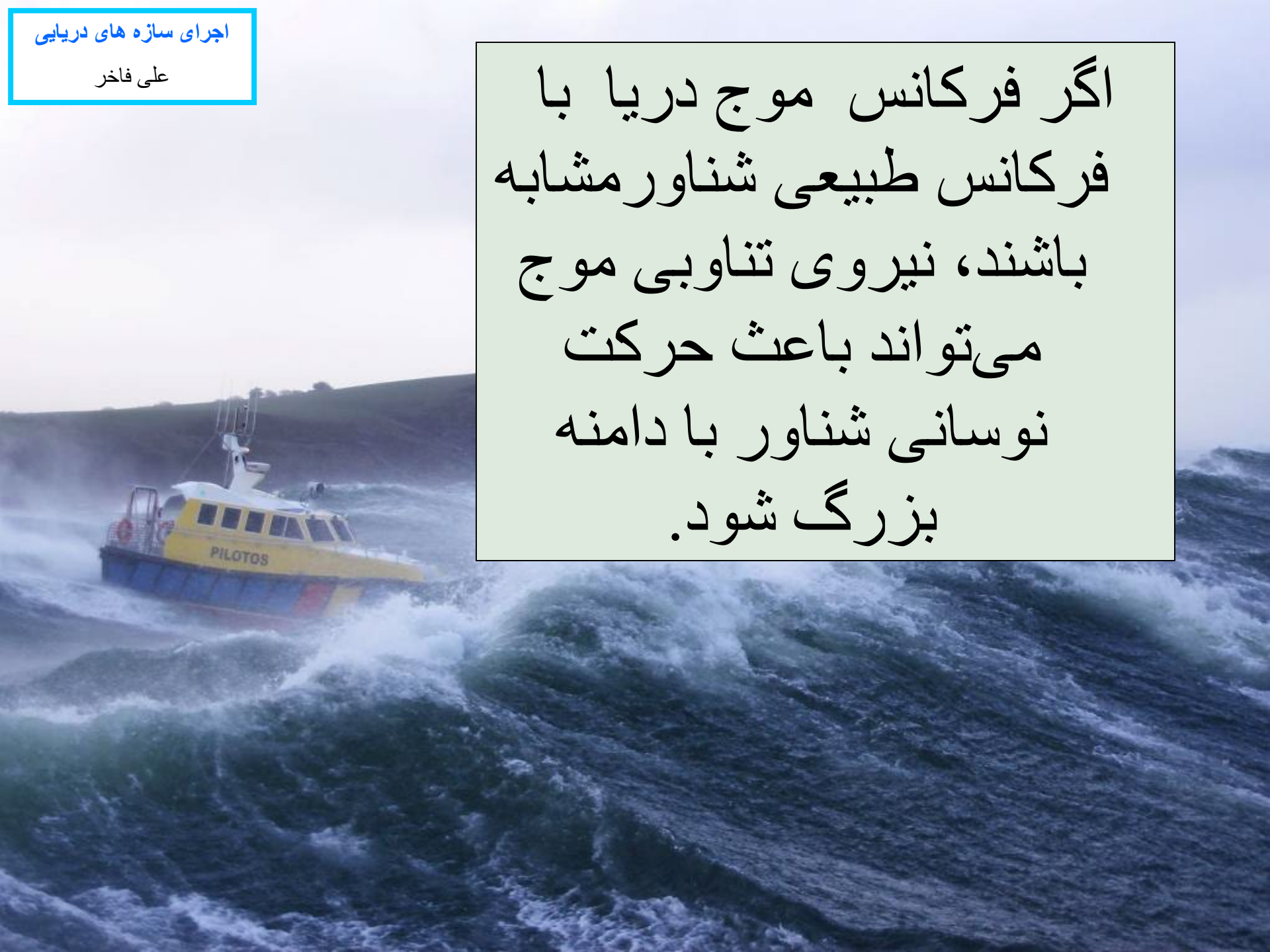
رزونانس یا **تشدید** عبارت از تمایل سیستم به نوسان با بیشترین دامنه است.

رزونانس یا تشدید

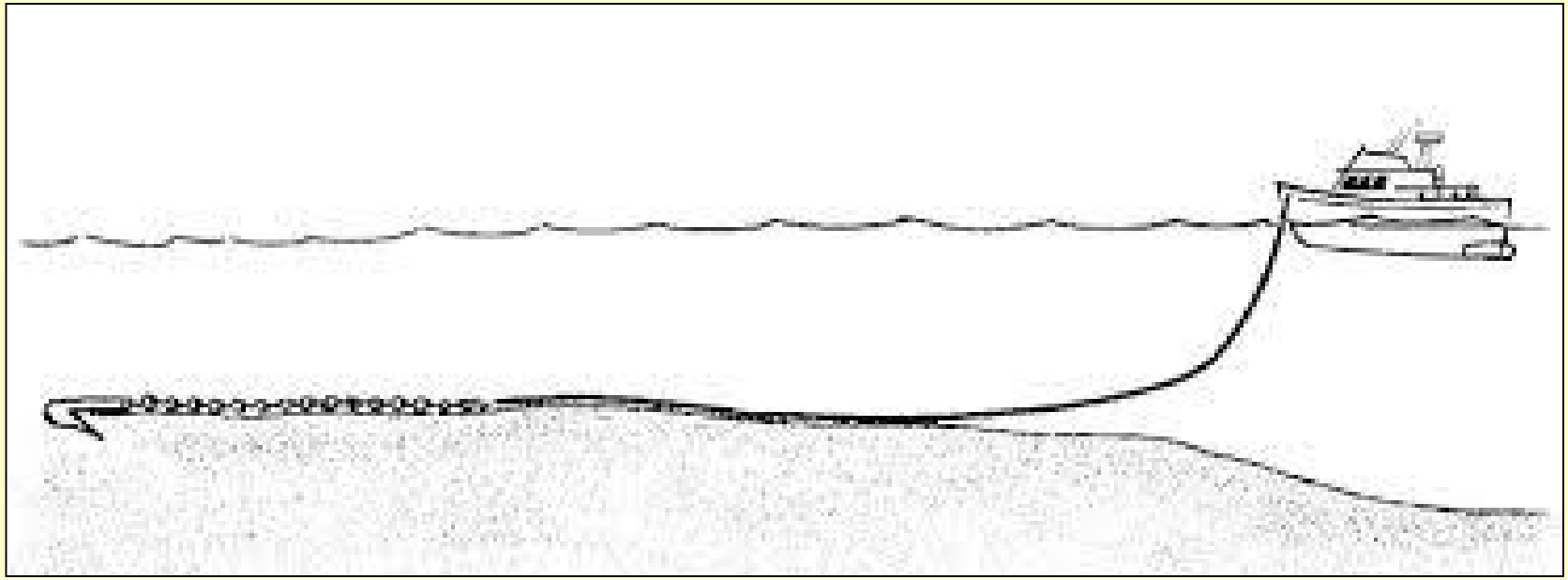


یک نیروی تناوبی کوچک با فرکانس برابر با فرکانس طبیعی سیستم می‌تواند باعث حرکت نوسانی با دامنه بزرگ شود.

اگر فرکانس موج دریا با فرکانس طبیعی شناورمشابه باشند، نیروی تناوبی موج می‌تواند باعث حرکت نوسانی شناور با دامنه بزرگ شود.



شناوری که حرکات تناوبی با دامنه بزرگ را تجربه میکند، اگر غرق نشود آسیب هایی می بیند.



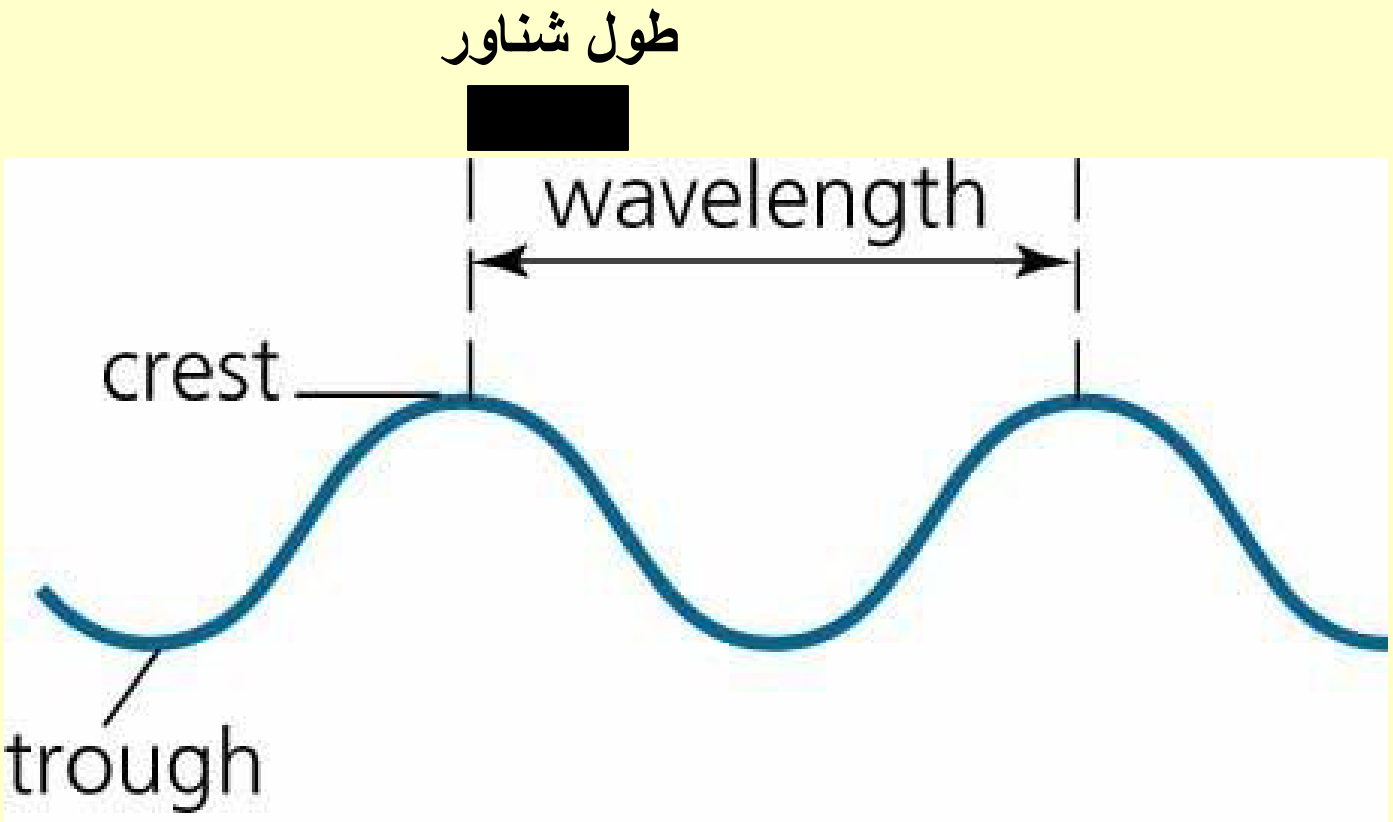
فرکانس تشدید برای "**شناور**" بزرگتر از فرکانس تشدید برای مجموعه "**شناور و مهار**" است چون جرم سیستم در حالت دوم خیلی بیشتر است.

ابعاد نامناسب شناور

اگر طول شناور حدود 25 درصد طول مؤثر موج باشد، حداکثر حرکات شناور رخ می دهد.

ابعاد نامناسب شناور

طول موج 25% = طول شناور

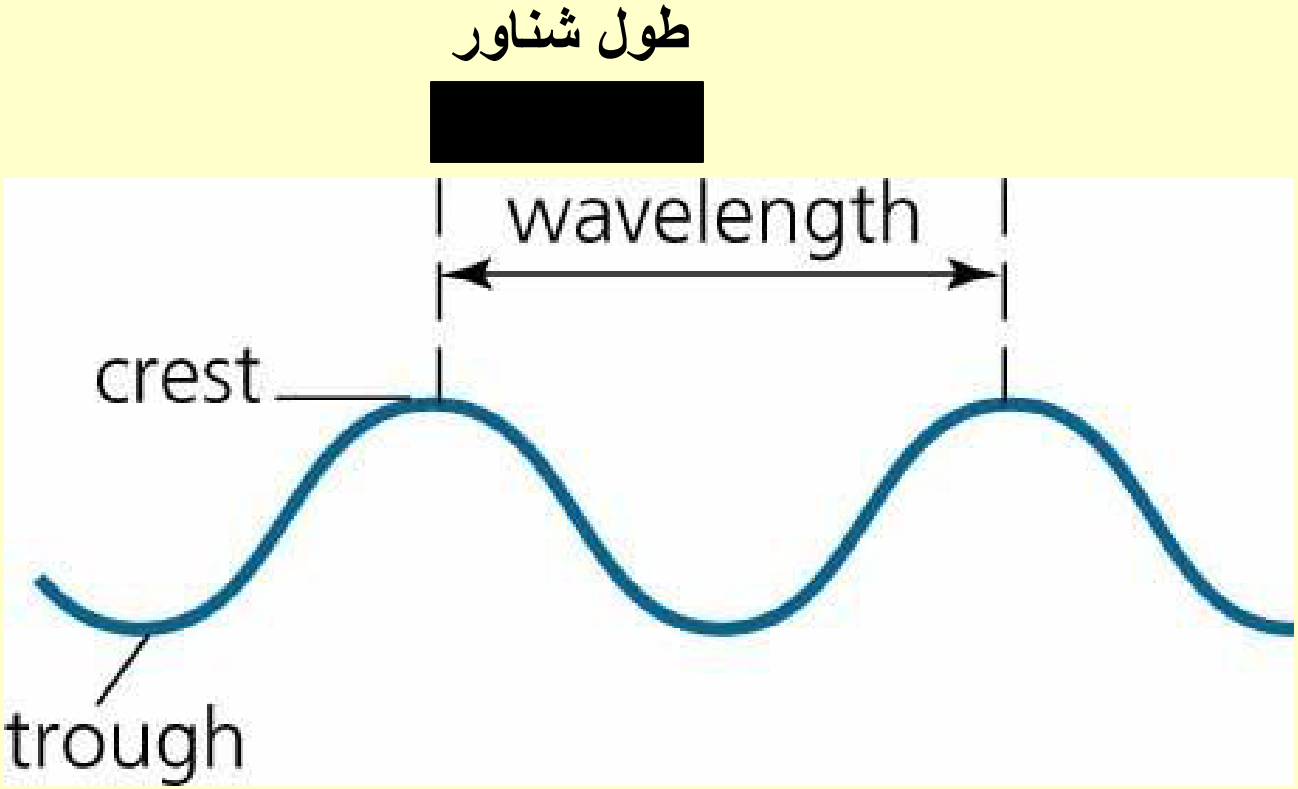


ابعاد نامناسب شناور

طول موج 25% = طول شناور

ابعاد مناسب شناور :

طول موج 50% > طول شناور



ابعاد مناسب شناور :

طول موج 50% > طول شناور

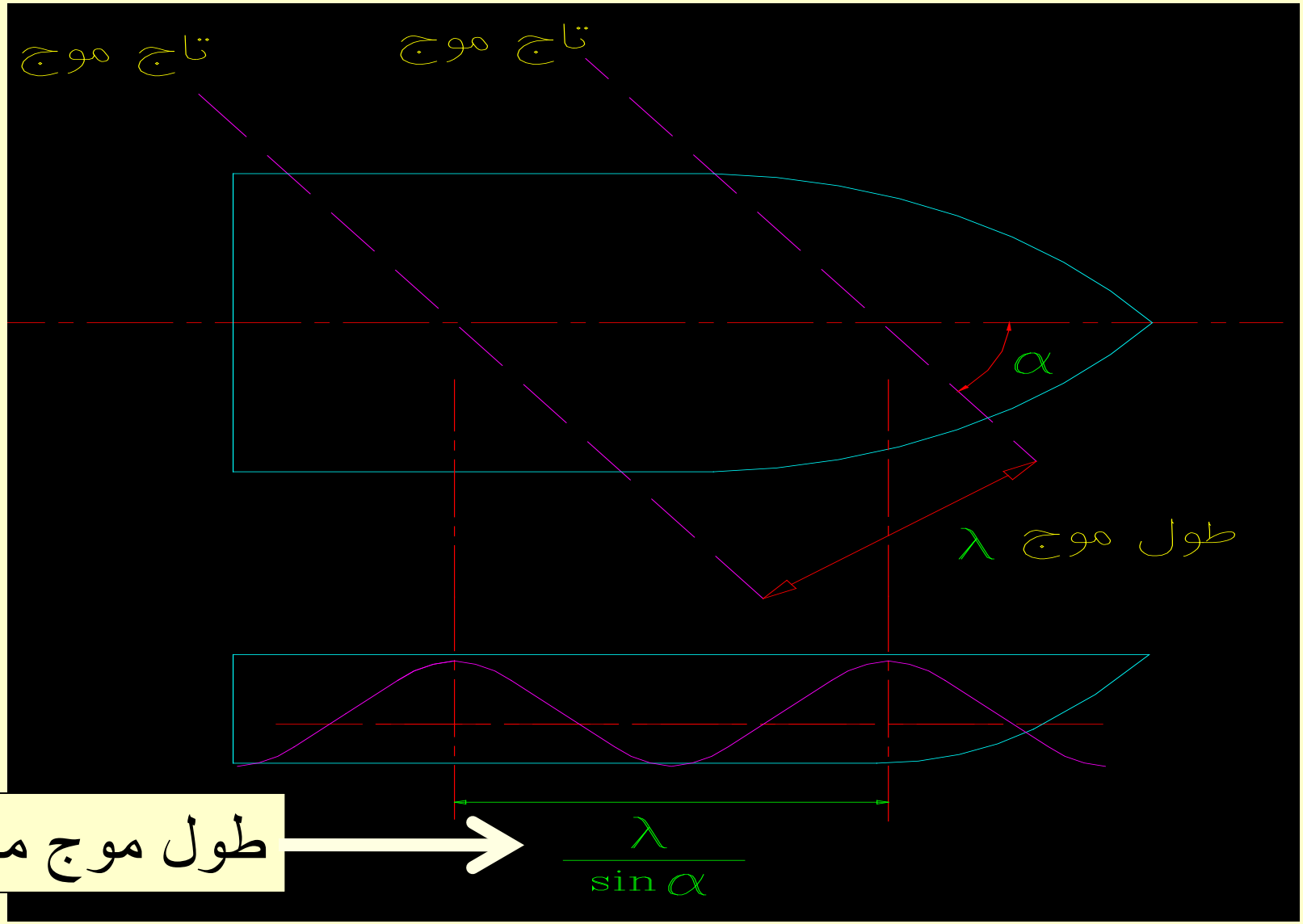
در مقایسه ابعاد شناور و طول موج باید طول موج موثر در نظر گرفته شود:

طول موج موثر= طول موج/Sin(a)

a: زاویه بین راستای تاج موج با محور طولی شناور

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

محاسبه طول موج موثر



طول موج موثر

وقتی موج به شناور برخورد می کند، هر یک از ابعاد شناور که در راستای انتشار موج است نباید کمتر از 25درصد طول موج باشد.

ترجیح دارد که شناور در دریا در جهت انتشارامواج (عمود بر راستای طولی موج) حرکت کند زیرا طول موج موثر در این راستا کوچکتر است.

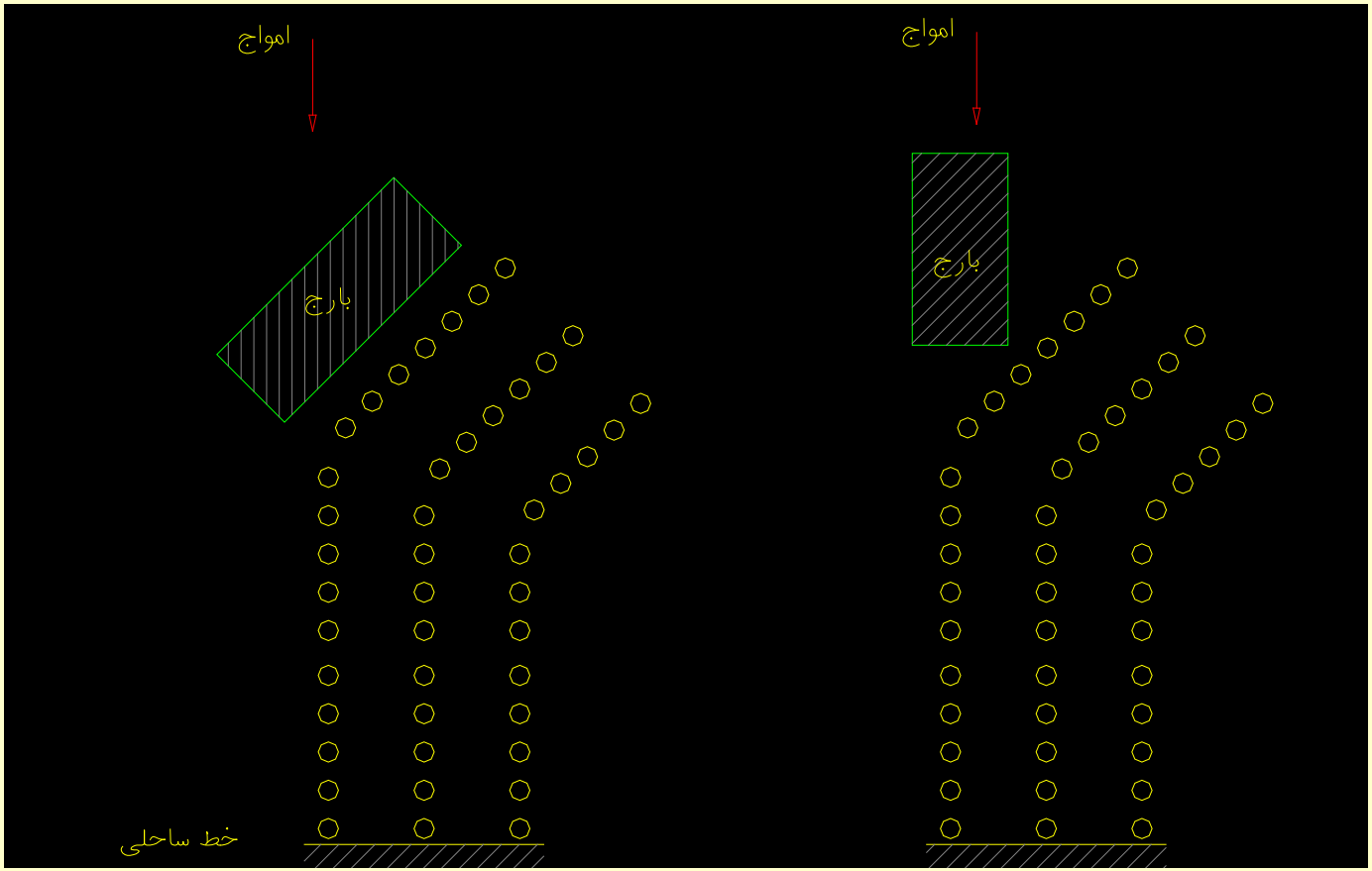
برخورد شناور عمود بر راستای طولی موج

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

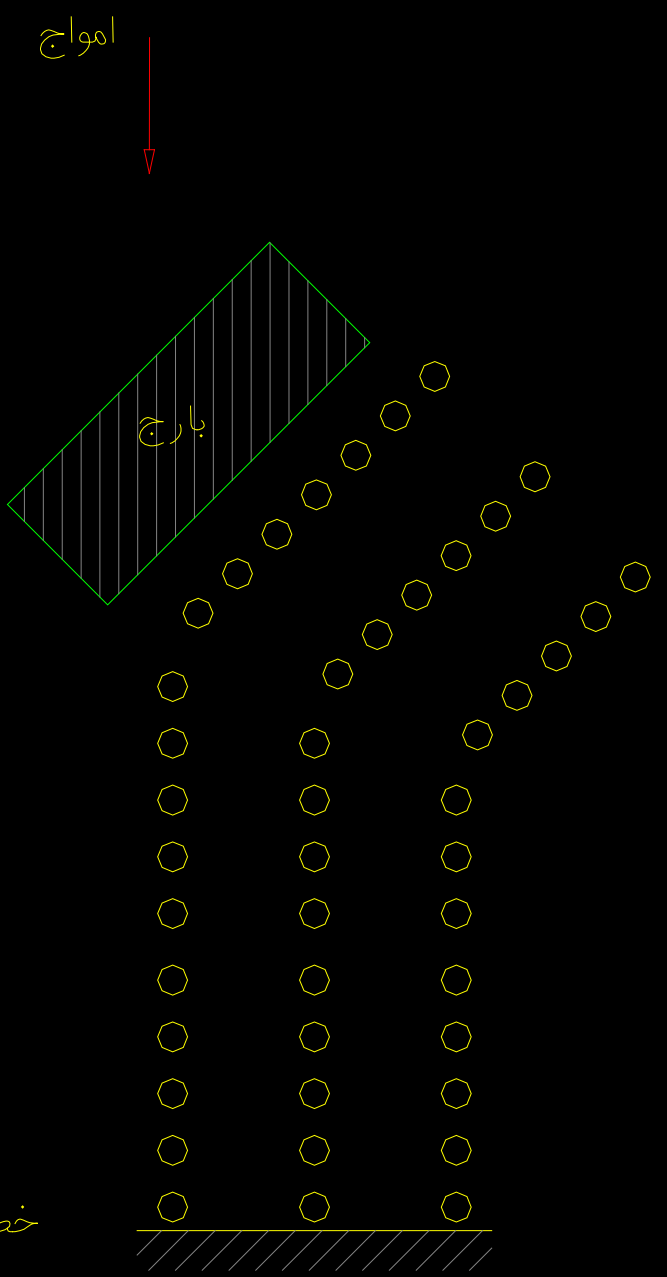
برخورد شناور عمود بر راستای طولی موج

تمرین از مفهوم طول موج موثر:

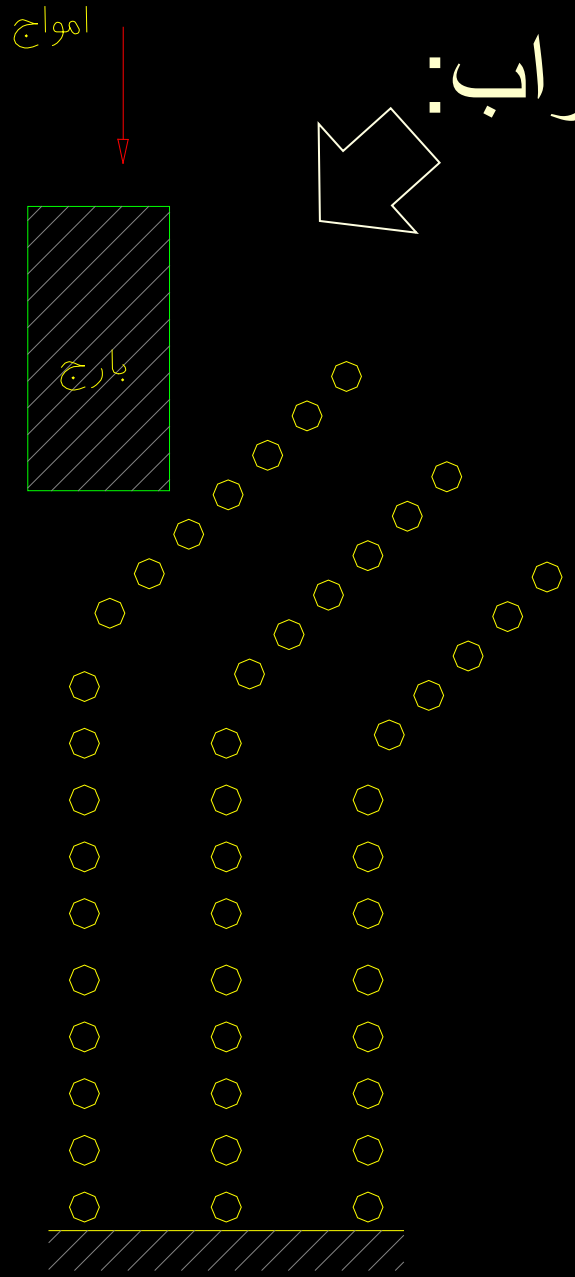
پلان شمع کوبی در اسکله بهرگان ودو حالت قراگیری بارج حامل شمعکوب مطابق شکل است. بارج در کدام حالت کمتر تحت تاثیر موج است؟



جواب:



روش غلط



روش درست

در انتخاب شناور برای ترابری دریایی ایمن باید حداکثر طول موج دور از ساحل مورد توجه باشد.

اعداد تقریبی برای به خاطر سپردن

حداکثر طول موج در خلیج فارس و دریای خزر: **50 تا 150m**

حداکثر طول موج در دریای عمان: **تا 500m**

اجرای سازه های دریایی
علی فاخر

ارتفاع موج دور از ساحل در خلیج فارس:

اعداد تقریبی برای سادگی به خاطر سپردن

کوچکتر از **نیم متر** :حدود 50 درصد اوقات

کوچکتر از **یک متر** :حدود 75 درصد اوقات

برای انتخاب شناور در کارهای اجرایی در دریا باید طول موج در **شرایط کاری** پروژه مورد توجه باشد.

هنگام در نظر گرفتن طول موج در شرایط کاری توجه کنید:

طول موج در شرایط کاری پروژه خیلی کوچکتر از حداکثر طول موج است زیرا در شرایط طوفانی کار را تعطیل میکنیم.

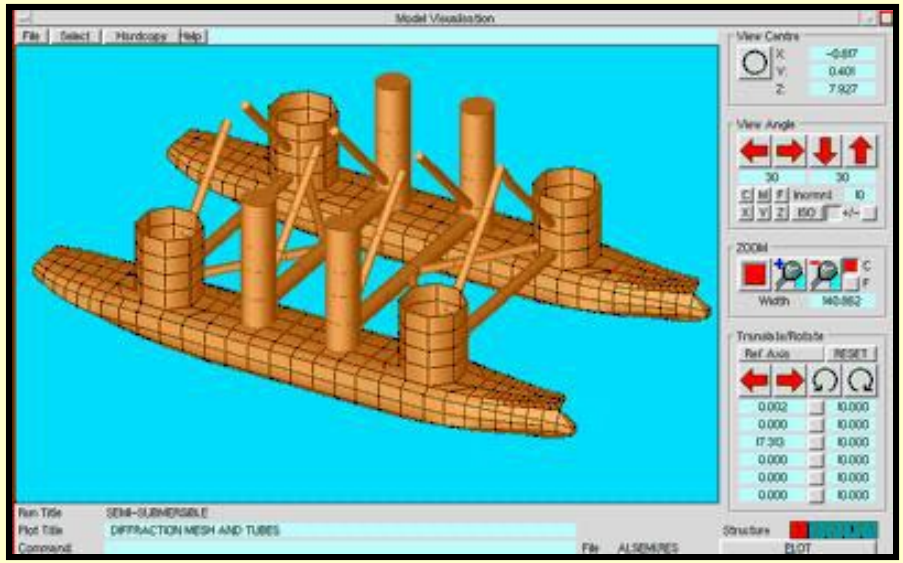
هنگام در نظر گرفتن طول موج در شرایط کاری توجه کنید:

تلاطم مجاز شناور در هنگام ترابری و حمل بار، اغلب خیلی بیشتر از تلاطم مجاز در شرایط کارساختمانی است.

برای محاسبه مقدار حرکات یک شناور تحت موج مورد نظر، نرم افزار های مختلف وجود دارد.

برای مثال:

نرم افزار ANSYS ماژول AQWA



آیا این نوع آدم ها در شرایط طوفان نجات پیدا میکنند ؟

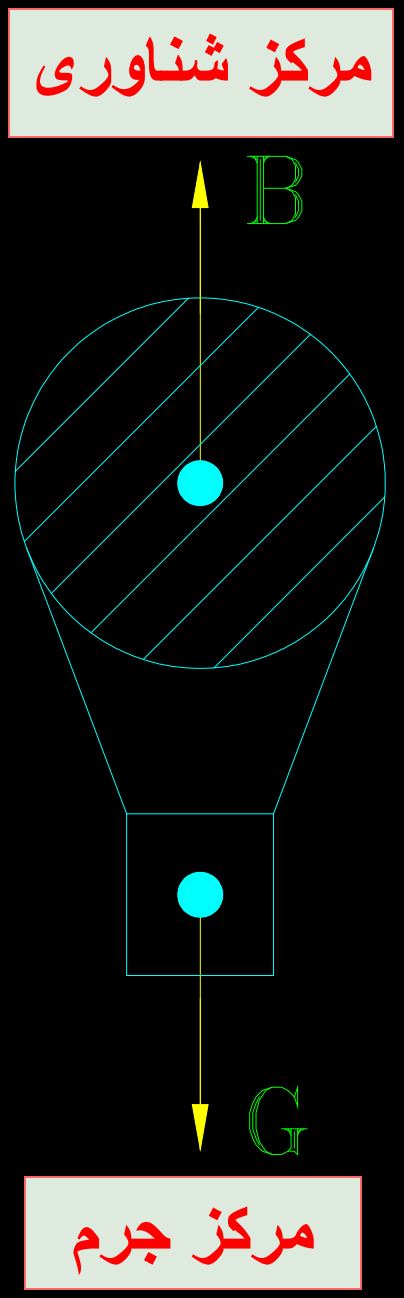
اجرای سازه های دریایی

علی فاخر

تعادل اجسام شناور

تعادل پایدار اجسام

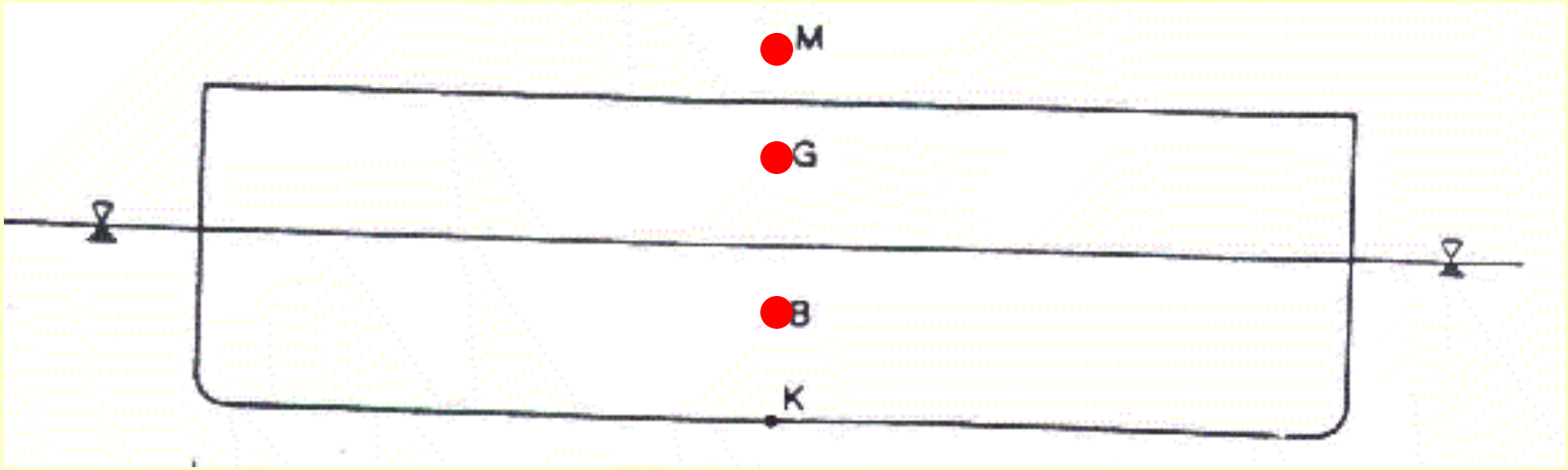
اگر با اعمال یک تغییر مکان کوچک به جسم در حال تعادل، نیروهایی ایجاد شود که تمایل به برگرداندن جسم به حالت اولیه اش را داشته باشند، آنگاه جسم در **تعادل پایدار** است.



شرط تعادل پایدار
برای اجسام مغروق:

**مرکز جرم زیر
مرکز شناوری
باشد.**

تعاریف مهم برای اجسام نیمه مغروق



مرکز شناوری(B)، مرکز جرم (G) و نقطه متاسنتر (M)

شرط تعادل پایدار برای اجسام نیمه مغروق:

باید G زیر M باشد.

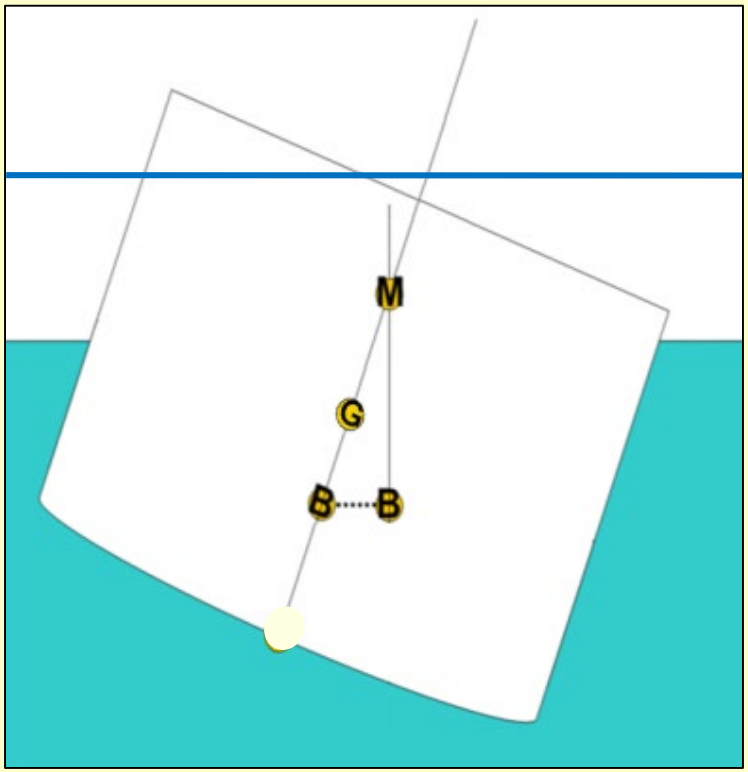
متاسنتر M

مرکز جرم یا مرکزثقل G

نقطة M نشان دهندة ترکیب شناوری و ممان اینرسی سطح مقطع شناور است

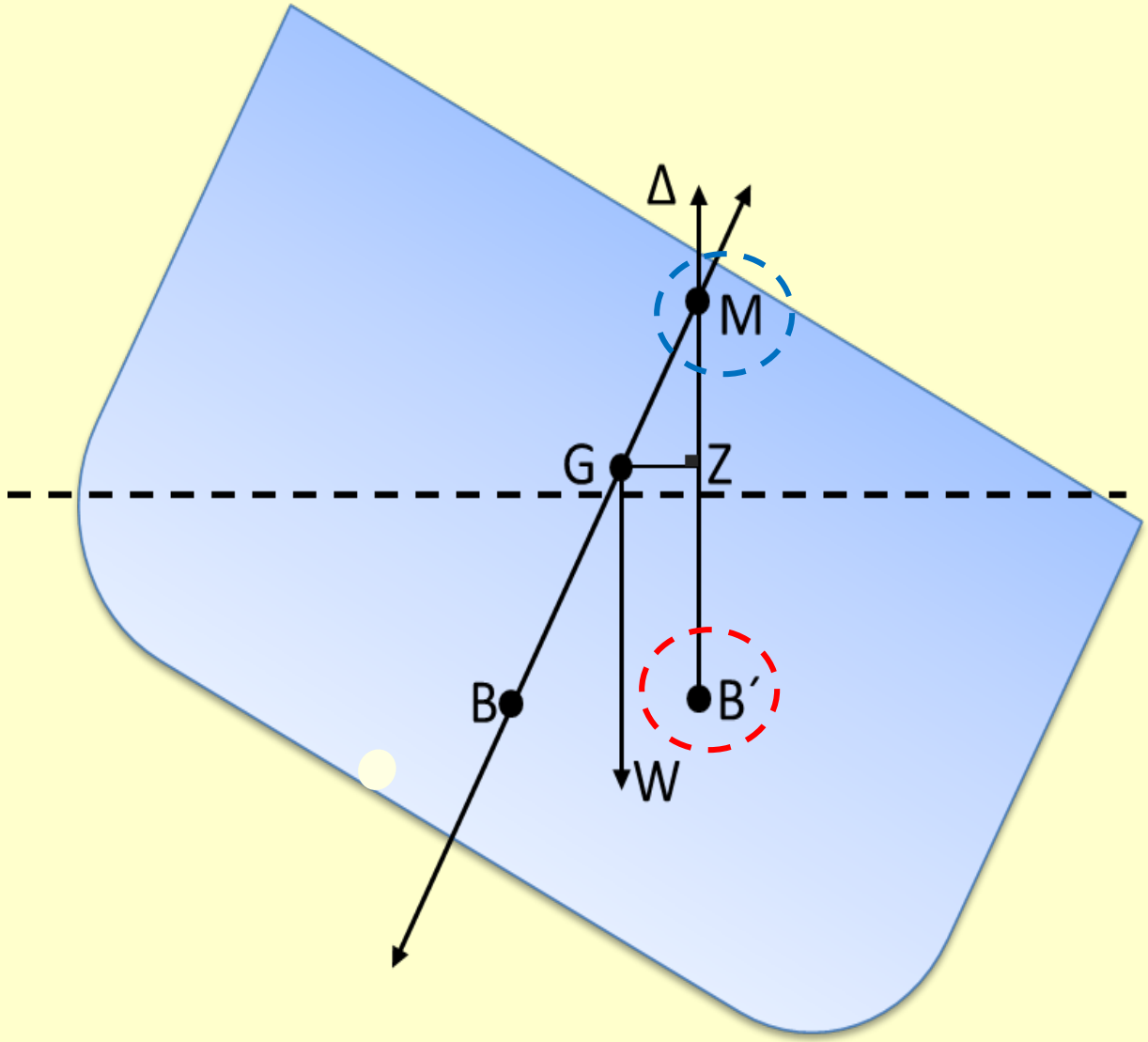
تشریح فیزیکی تعیین متاسنتر:

شناور را کمی کج نموده و مرکز شناوری را در موقعیت جدید تعیین می کنیم. از مرکز شناوری جدید، خطی عمود کشید میشود تاخط تقارن شناور رادرنقطه M قطع کند. این نقطه متاسنتر است و در زوایای کوچک کج شدگی مستقل از مقدار زاویه می باشد.



مراحل تعیین متاسنتر:

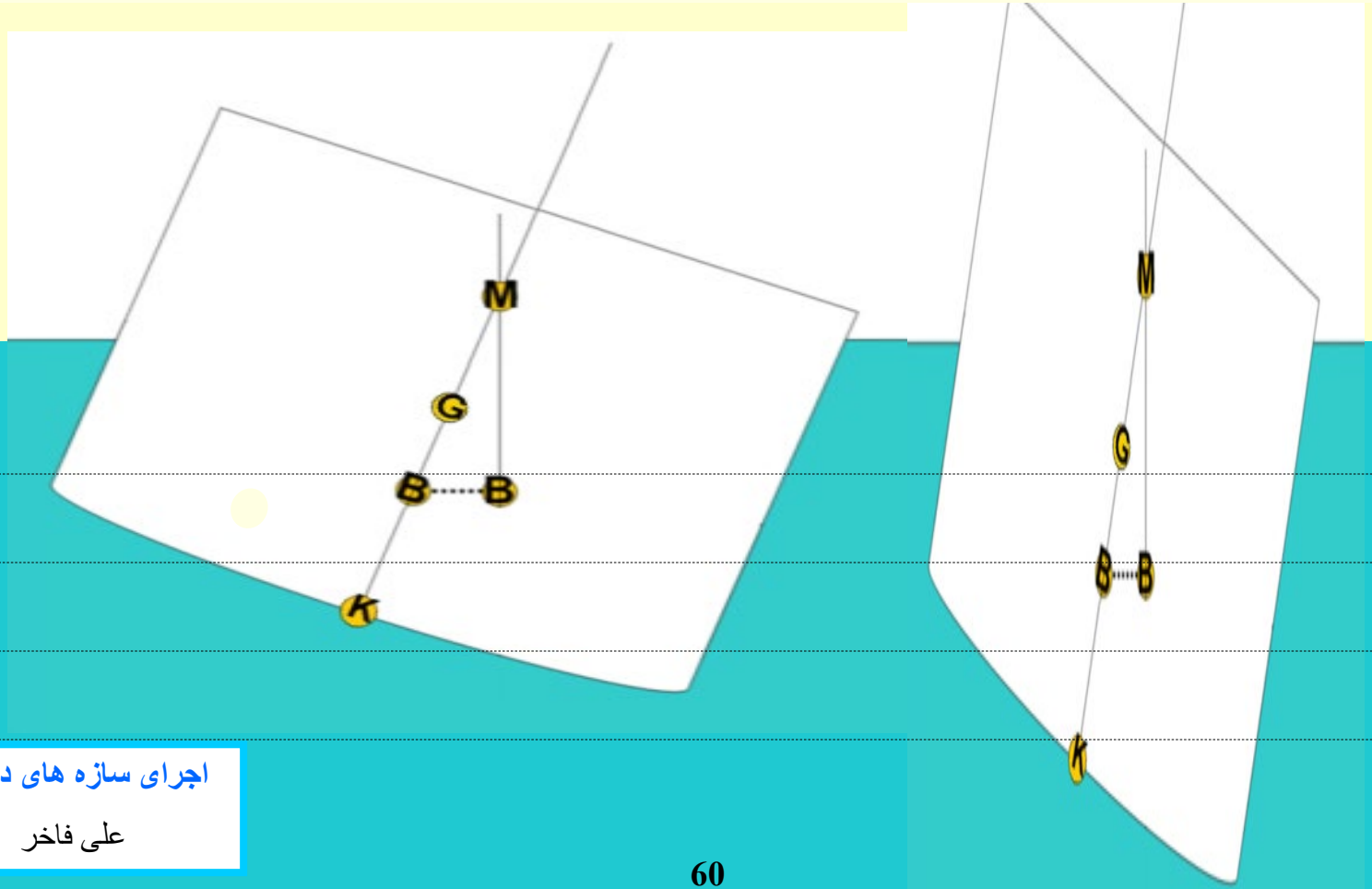
تعیین مرکز شناوری در حالت کج شده B’



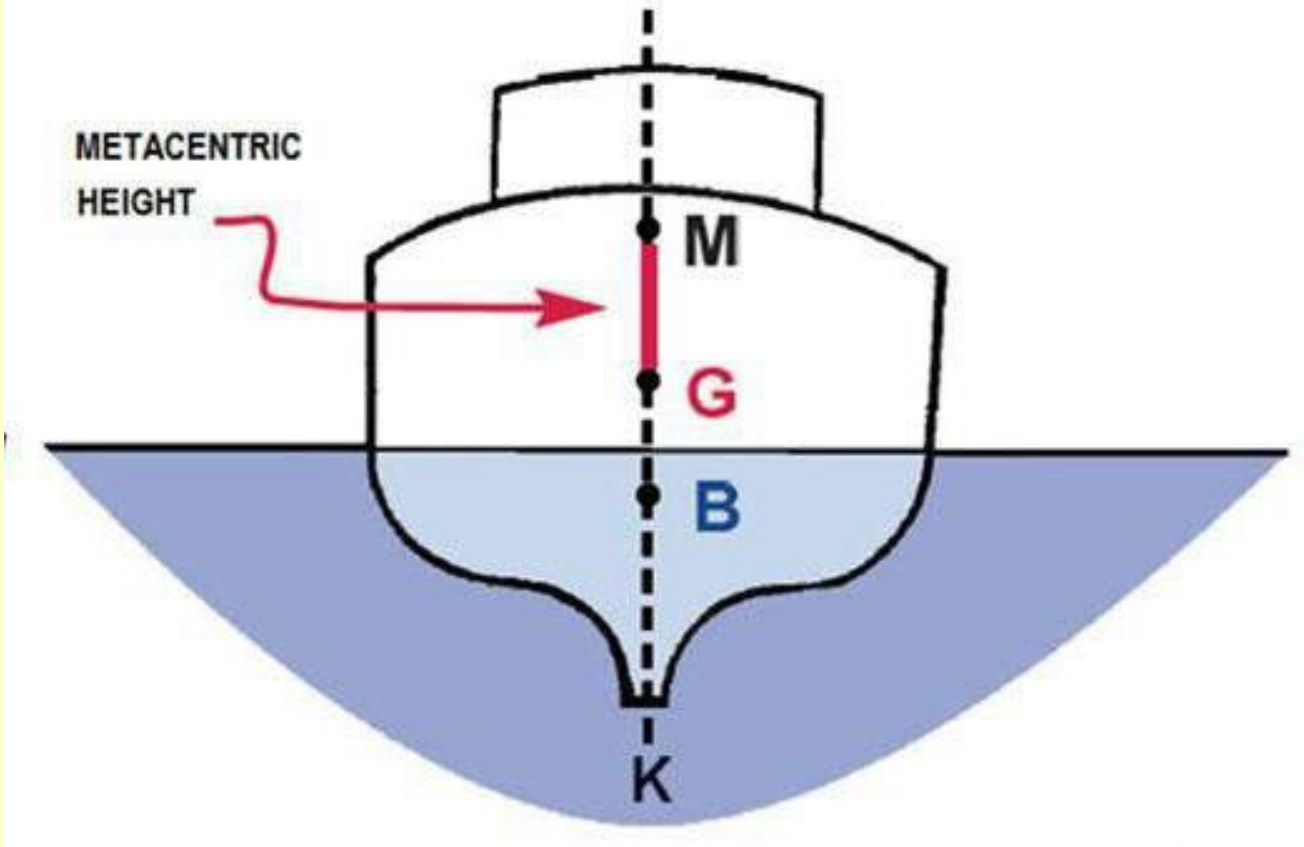
ترسیم خط قائم از مرکز شناوری جدید

تقاطع این خط با خط تقارن شناور درنقطه M

تمرین: دو شناور با شناوری یکسان ولی با سطح مقطع متفاوت را در نظر بگیرید و متاسنتر را برای آنها تعیین کنید. متاسنتر در کدام حالت فاصله بیشتر از مرکز ثقل دارد؟ تاثیر مساحت مقطع شناور بر متاسنتر چیست؟

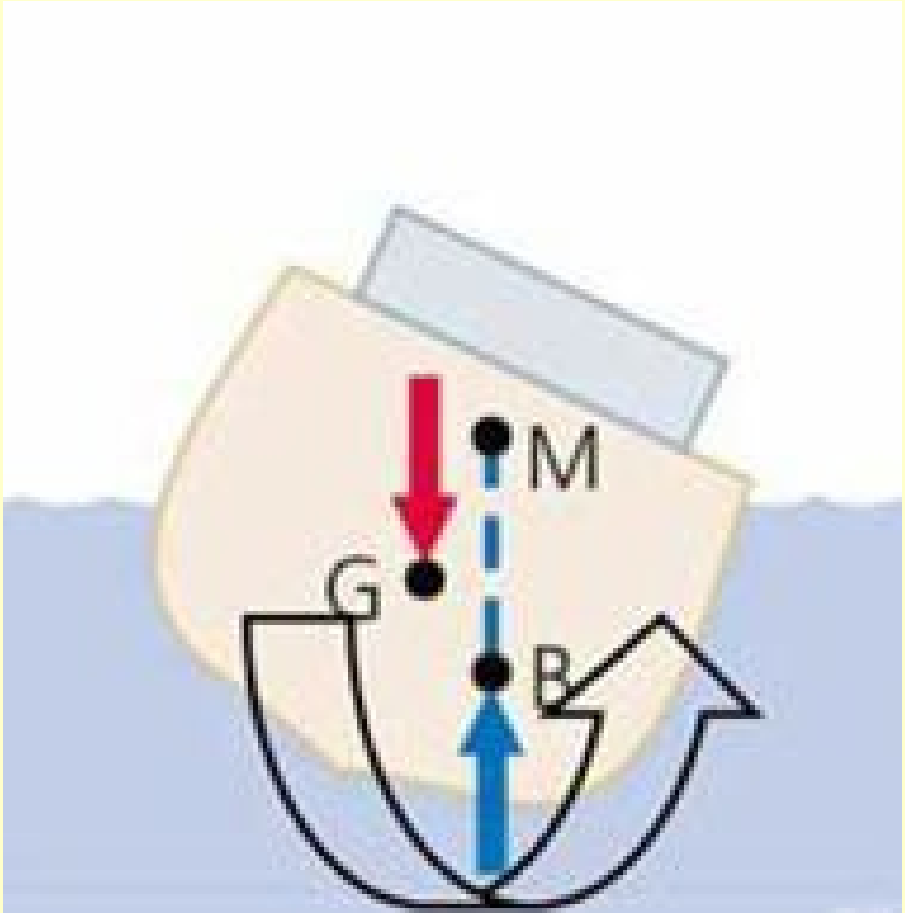


شرط تعادل پایدار برای اجسامی که در فصل مشترک دو سیال شناورند:

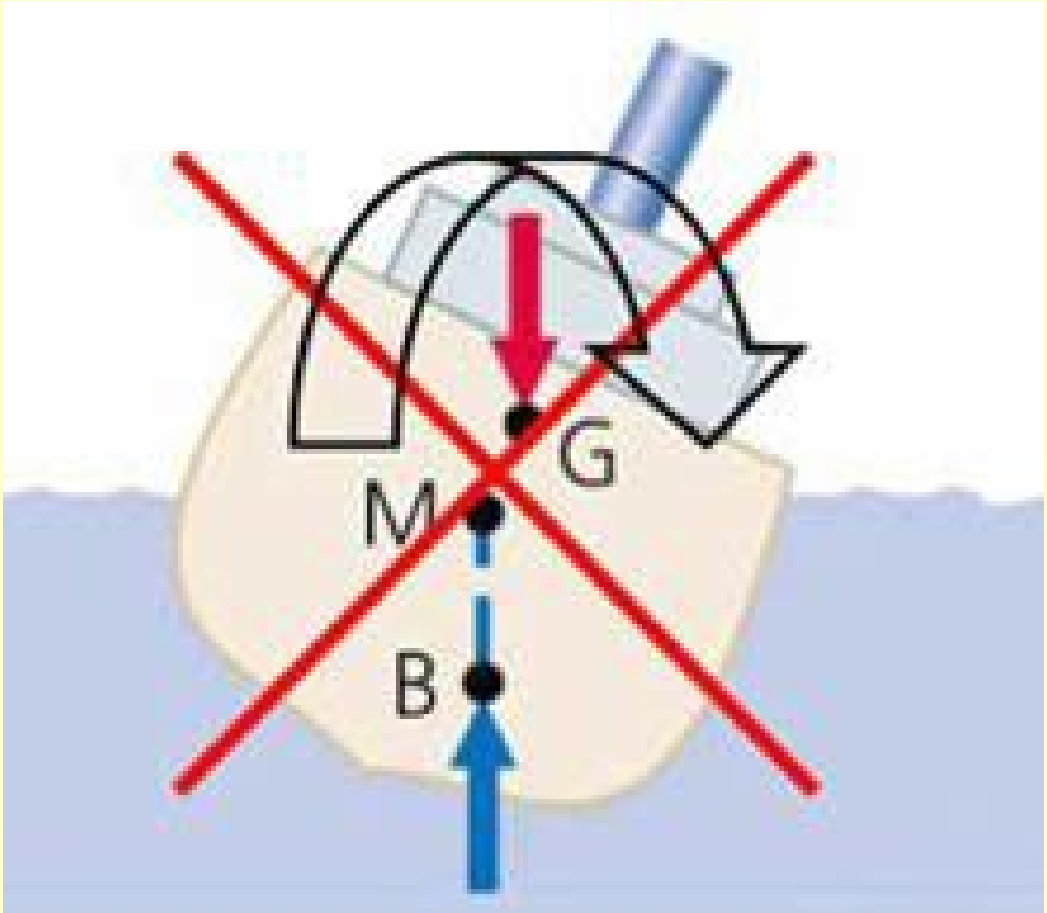


مرکز جرم زیر متاسنتر

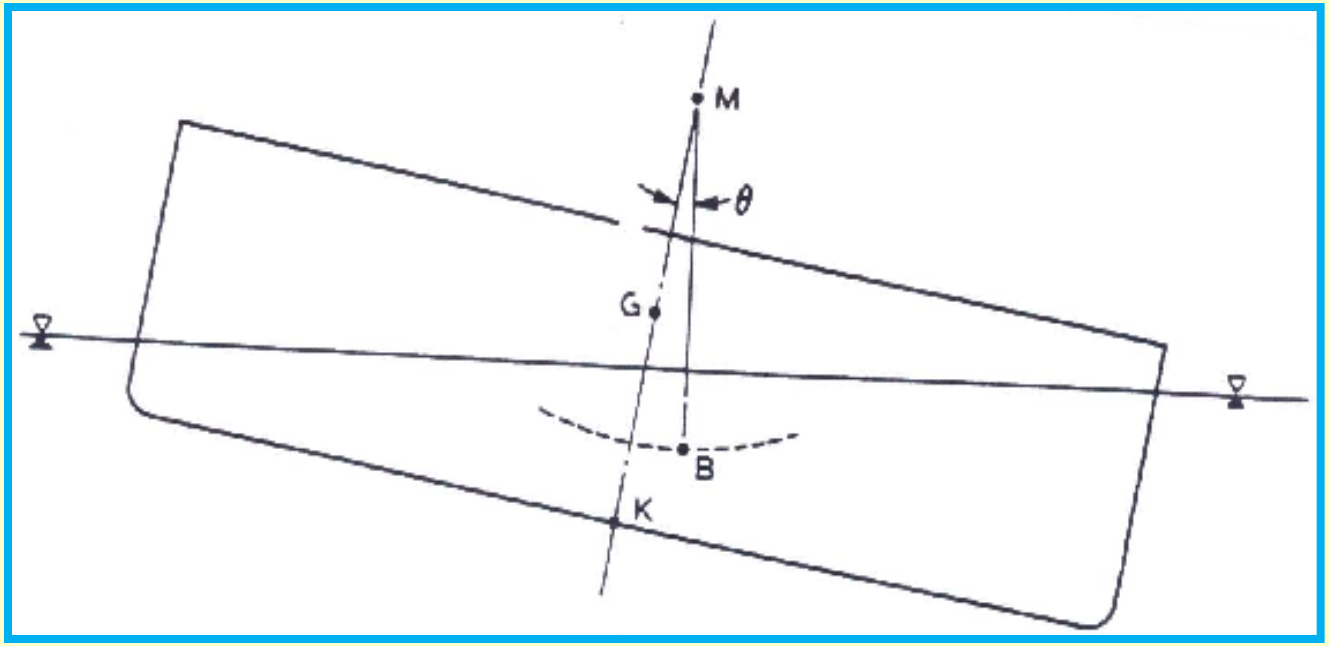
اگر مرکز جرم زیر متاسنتر باشد، کج شدن کشتی موجب ایجاد گشتاوری میشود که در جهت ایجاد تعادل است.



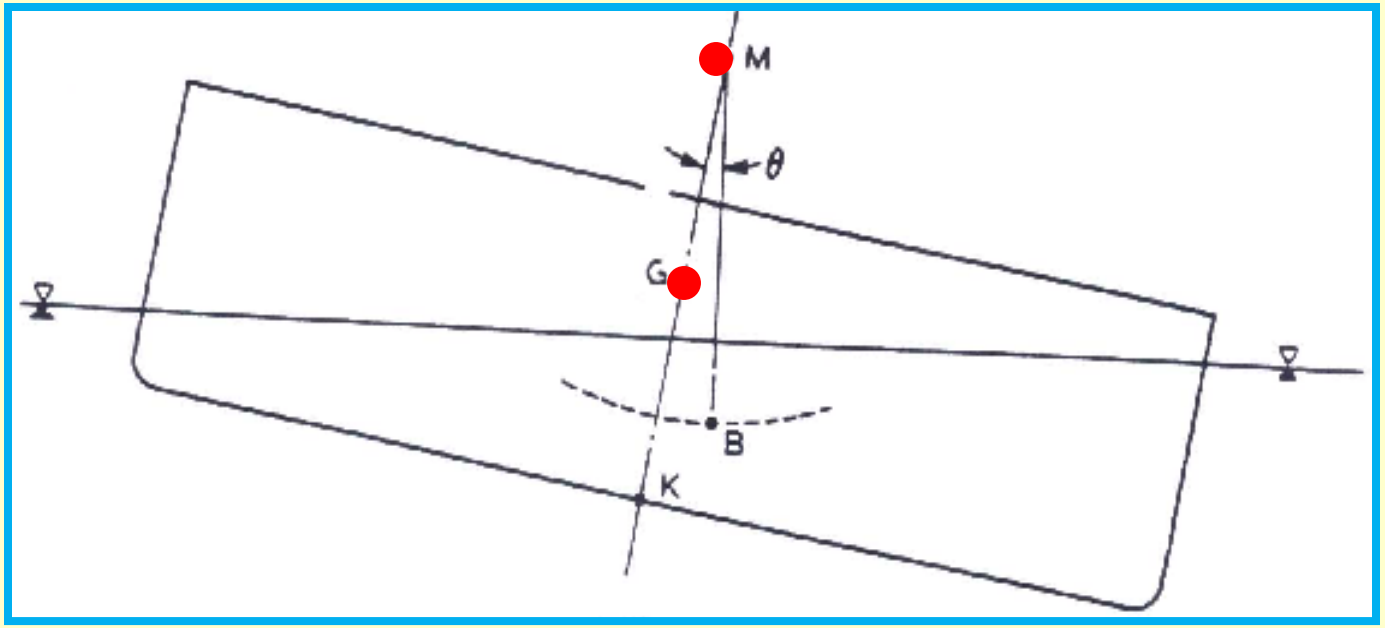
اگر مرکز جرم بالای متاسنتر باشد، کج شدن کشتی موجب ایجاد گشتاوری میشود که در جهت ایجاد ناپایداری است.



تأثیر افزایش ارتفاع متاسنتر:
بازگشت سریعتر شناور به حالت اول



اگر $\overline{MG}$ خیلی بزرگ باشد، عکس العمل شدید نسبت به کج شدن داریم. بنابراین ارتفاع متاسنتریک بزرگ برای شناورهای بخصوص مسافربری مناسب نیست .



ارتفاع متاسنتریک بزرگ و تکان های شدید شناورهای مسافربری موجب دریازدگی می شود.

seasickness

درس شناوری خیلی جالب است. اوقات خوبی داشته باشید