بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

راهنمای هنرآموز

دانش فنی تخصصی

رشتهٔ ساختمان

گروه معماری و ساختمان

شاخهٔ فنی‌وحرفه‌ای

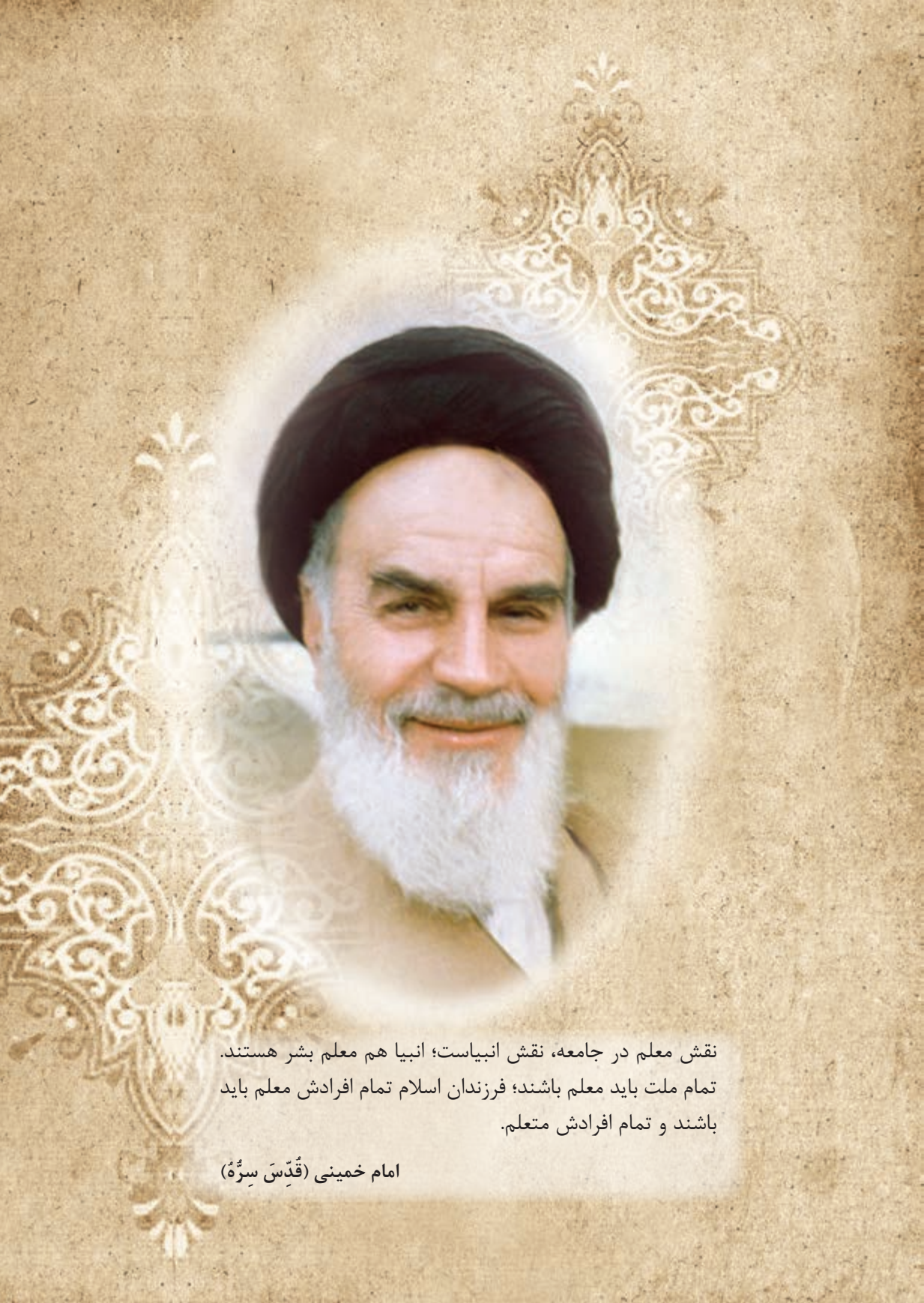
پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: راهنمای هنرآموز دانش فنی تخصصی (رشته ساختمان) ـ ۲۱۲۸۶۱
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: محمداسماعیل خلیل‌ارجمندی، حسین دادور، مجید شجاعی‌اردکانی، محمدعلی فرزانه، محمدصالح لباف‌زاده و امیرحسین متینی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
محمداسماعیل خلیل‌ارجمندی، حامد نفر، زاهد وکیلی و مجید شجاعی‌اردکانی (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) ـ مریم نصرتی (صفحه‌آرا)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبگاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰/
صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۴۰۰

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۵-۳۴۹۱-۰۵-۹۶۴-۹۷۸ **ISBN 978-964-05-3491-5**



نقش معلم در جامعه، نقش انبیاست؛ انبیا هم معلم بشر هستند. تمام ملت باید معلم باشند؛ فرزندان اسلام تمام افرادش معلم باید باشند و تمام افرادش متعلم.

امام خمینی (قُدِّسَ سِرُّهُ)

فهرست

پودمان اول: تحلیل مکانیک‌برداری ۱

اهداف کتاب راهنما ۲
تحلیل مکانیک برداری ۲
روش پیشنهادی برای تدریس ۲
پیش‌نیازهای لازم برای هنرجویان ۳
خواص عملیات جمع‌بردارها ۱۵
نمایش برداری بردارها ۱۶
تجزیه بردارها ۱۷
ضرب بردارها ۲۰
گشتاور ۲۴
زوج نیرو یا کوپل ۳۰

پودمان دوم: بررسی تعادل اجسام ۳۷

تعادل ۳۸
جسم آزاد ۳۸
تعادل اجسام ۴۲
پایداری سازه‌ها ۴۳

پودمان سوم: تحلیل سازه‌های ساختمانی ۵۱

خرپا ۵۲
نحوه تشکیل خرپا ۵۲
تحلیل تیرها ۵۶

پودمان چهارم: خواص هندسی سطوح ۶۳

مقدمه ۶۴
گشتاور اول سطح (سطوح ساده) ۶۴
مرکز سطح هندسی (سطوح ساده) ۶۵
گشتاور اول سطح (سطوح مرکب) ۶۷
مرکز سطح هندسی ۶۹

گشتاور دوم سطح (ممان اینرسی) ۷۶
گشتاور دوم سطح ـ ممان اینرسی (سطوح ساده) ۷۶
گشتاور دوم سطح ـ ممان اینرسی (سطوح مرکب) ۸۰
مشخصات هندسی مقاطع نورد شده فولادی ۹۰

پودمان پنجم: کسب اطلاعات فنی ۹۷

سرآغاز (سخنی با هنرآموزان محترم) ۹۸
مقدمه ۹۸
تفاوت زبان عمومی و تخصصی ۹۹
۹ـ۱ـ نقشه‌های معماری Architectural Drawings ۱۰۳
آدرس نویسی Writing Addresses ۱۱۸
نقشه‌های سازه‌ای Structural Drawings ۱۲۰
ترسیمات دیتایل Detail Drawings ۱۲۰
طبقه‌بندی بناها Construction Classification ۱۲۱
اجزای مختلف یک ساختمان Building Components ۱۲۸
مصالح ساختمانی ۱۳۱
افراد شاغل در پروژه‌های ساختمانی ۱۳۱
بارهای اصلی وارد بر ساختمان ۱۳۳
تنش و کرنش محوری ۱۳۳

مقدمه

از الزامات اجرای برنامه درسی، وجود محتوای آموزشی جهت تحقق نیازهای فردی و اجتماعی و اهداف نظام تعلیم و تربیت می‌باشد. با توجه به تغییرات نظام آموزشی که حول محور سند تحول بنیادین آموزش و پرورش انجام شد چرخش‌های جدیدی از وضع موجود به مطلوب صورت پذیرفت. از جمله می‌توان به نقش هنرآموز از آموزش‌دهنده صرف، به مربی، اسوه و تسهیل‌کننده یادگیری و نقش هنرجو از یادگیرنده منفعل به فراگیرنده فعال، تربیت‌جو و مشارکت‌پذیر و نقش محتوا از کتاب درسی به‌عنوان تنها رسانه آموزشی به برنامه محوری و بسته یادگیری (آموزشی) نام برد. بسته یادگیری شامل رسانه‌های متنوعی از جمله کتاب درسی دانش‌آموز، کتاب همراه دانش‌آموز/ هنرجو، کتاب راهنمای تدریس معلم/ هنرآموز، نرم‌افزارهای آموزشی، فیلم آموزشی و پوستر و... می‌باشد که با هم در تحقق اهداف یادگیری نقش ایفا می‌کنند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی برای هر کتاب درسی طراحی و تدوین شده است. در این رسانه سعی شده روش تدریس کلی و جلسه به جلسه به همراه تجهیزات، ابزارها و مواد مصرفی مورد نیاز هر جلسه، نکات مربوط به ایمنی و بهداشت فردی و محیطی آورده شود. همچنین نمونه طرح درس، تبیین پیچیدگی‌های یادگیری هنرجویان، هدایت و مدیریت کارگاه و کلاس در هنرستان، راهنمایی و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، بیان شاخص‌های اصلی جهت ارزشیابی شایستگی و ارائه بازخورد، اشاره به اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان و روش سنجش و نمره‌دهی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت و ارگونومی، منابع مطالعاتی، نکات مهم در فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است.

امید است شما هنرآموزان گرامی با دقت و سعه صدر در راستای تحقق اهداف بسته آموزشی که با کوشش و تلاش مؤلفین گرانقدر تدوین و تألیف شده موفق باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان ۱

تحلیل مکانیک برداری

اهداف کتاب راهنما

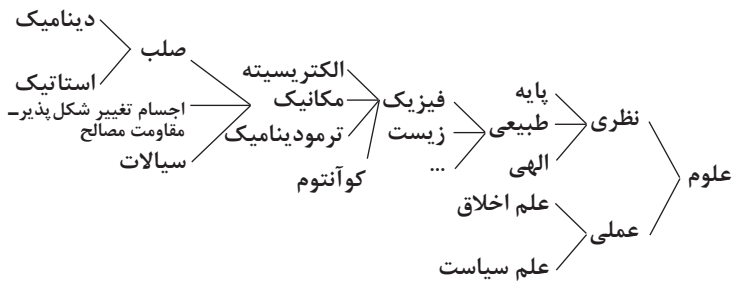
کتاب حاضر تحت‌عنوان راهنمای هنرآموز درس دانش فنی تخصصی پایه دوازدهم رشته ساختمان با اهداف ذیل به رشته تحریر درآمده است.

۱ کمک به هنرآموز جهت تدریس مطلوب‌تر
۲ دانش‌افزایی از طریق بسط مسائل
۳ رفع نواقص احتمالی کتاب
۴ تبیین اهداف آموزشی هر پودمان

تحلیل مکانیک برداری

این پودمان با تعریف علم مکانیک و شاخه‌های آن شروع شده و مفاهیم اصلی آن توضیح داده شده و سپس با هدف حل مسائل مهندسی، فرضیات ساده‌کننده برای ورود به این دانش گنجانده شده است.

در نمودار زیر شاخه‌های مختلف علوم، مکانیک برداری، جایگاه و همچنین زیرمجموعه آن مشاهده می‌شود.



پس از معرفی علم مکانیک و شاخه‌های مختلف آن، انواع کمیت‌ها بیان شده و سپس به معرفی انواع بردارها و عملیات برداری که شامل جمع و تفریق، تجزیه، برآیند و ضرب بردارها می‌باشد، منتهی شده است.

روش پیشنهادی برای تدریس

از هنرآموزان محترم انتظار می‌رود که به کمک تصاویر روی جلد هر پودمان و یا هر تصویر دیگری که خود تهیه می‌نمایند، مفهوم کلی آن را تبیین نموده و ذهن هنرجویان را با تفسیر این تصاویر که هدف‌های آموزشی خاص محتوای هر پودمان را دنبال می‌کنند با مشارکت آنها در جهت بحث مورد نظر، آماده نمایند.

راهنمایی‌های لازم را در خصوص حل مسائل با توجه به نکات زیر به هنرجویان ارائه دهید:

۱ خواندن و تجسم مسئله در ذهن
۲ مشخص کردن معلومات و مجهولات مسئله
۳ ترسیم دقیق شکل‌ها و نمودارهای لازم
۴ نوشتن اصول و قواعد ریاضی مسئله
۵ تبدیل واحدهای لازم
۶ تحلیل مسئله با شرایط منطقی و روابط ریاضی
۷ ارزیابی پاسخ مسئله و اطمینان از درستی آن

حل مسئله با روش‌های گوناگون معرفی گردد. علاوه بر روش‌هایی که در کتاب عنوان شده است به روش‌های دیگر نیز اشاره شود و یا در قالب کار تحقیقاتی از هنرجویان خواسته شود به عنوان مثال در جمع و تفریق بردارها از نرم‌افزار اتوکد استفاده نمایند و یا با ترسیم دستی از خط‌کش T و گونیا استفاده نمایند.

پیش‌نیازهای لازم برای هنرجویان

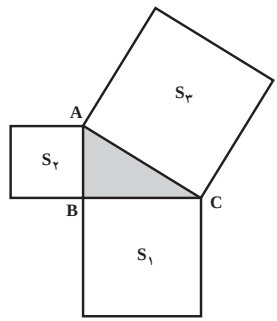
به‌منظور سهولت حل مسئله بهتر است مطالب زیر با توجه به محتوای آموزشی کتاب به‌صورت یادآوری بیان گردد.

۱ رابطه فیثاغورث
۲ دایره و نسبت‌های مثلثاتی
۳ حل مثلث و روابط سینوس‌ها و کسینوس‌ها

جهت یادآوری همکاران محترم موارد فوق به شرح زیر بسط داده می‌شود.

➢ رابطه فیثاغورث

در مثلث ABC مطابق شکل داریم:



$$S_۳ = S_۱ + S_۲$$

$$S_۳ = AC \times AC = (AC)^۲$$

$$S_۱ = AB \times AB = (AB)^۲$$

$$S_۲ = BC \times BC = (BC)^۲$$

با جایگزینی داریم:

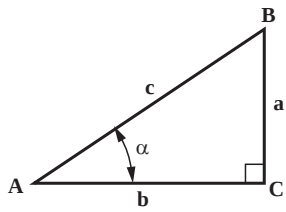
$$(AC)^۲ = (AB)^۲ + (BC)^۲$$

قضیه فیثاغورث:

شکل فوق در مواقعی که نام‌گذاری اضلاع تغییر می‌یابد، به هنرجویان کمک می‌کند تا رابطه فیثاغورث را به‌درستی نوشته و استفاده نمایند.

➢ نسبت‌های مثلثاتی موجود در مثلث قائم‌الزاویه

در هر مثلث قائم‌الزاویه نسبت‌های مثلثاتی به‌صورت زیر تعریف و در حل این نوع مثلث از آنها استفاده می‌شود.



۱ تعریف سینوس: $\sin = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}$

۲ تعریف کسینوس: $\cos = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}$

۳ تعریف تانژانت: $tg = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}}$

۴ تعریف کتانژانت: $cotg = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{ضلع مقابل}}$

$$\sin\alpha = \frac{a}{c}$$

$$\cos\alpha = \frac{b}{c}$$

$$tg\alpha = \frac{a}{b}$$

$$cotg\alpha = \frac{b}{a}$$

در جدول زیر نسبت‌های مهم‌ترین زوایا داده شده است که ضرورت دارد، دانش‌آموزان نسبت به حفظ آنها و سپردن به حافظه اهتمام ورزند.

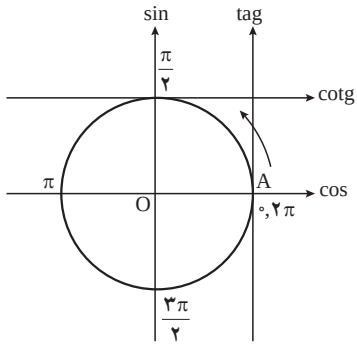
زاویه / نسبت مثلثاتی	۰°	۳۰°	۴۵°	۶۰°	۹۰°
$\sin\alpha$	$\frac{\sqrt{۰}}{۲}=۰$	$\frac{\sqrt{۱}}{۲}=\frac{۱}{۲}$	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	$\frac{\sqrt{۴}}{۲}=۱$
$\cos\alpha$	$\frac{\sqrt{۴}}{۲}=۱$	$\frac{\sqrt{۳}}{۲}$	$\frac{\sqrt{۲}}{۲}$	$\frac{\sqrt{۱}}{۲}=\frac{۱}{۲}$	$\frac{\sqrt{۰}}{۲}=۰$

$\text{tag}\alpha$	۰	$\frac{۱}{\sqrt{۳}}=\frac{\sqrt{۳}}{۳}$	۱	$\sqrt{۳}$	تعریف نشده $=\frac{۱}{۰}$
$\text{cotg}\alpha$	تعریف نشده $-$	$\sqrt{۳}$	۱	$\frac{۱}{\sqrt{۳}}=\frac{\sqrt{۳}}{۳}$	۰

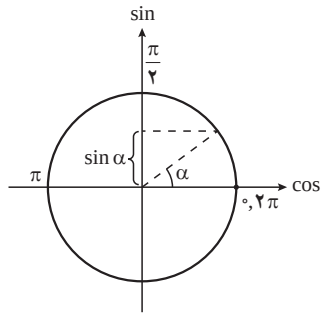
سینوس α: مخرج کسر ثابت و برابر ۲ و صورت آن زیر رادیکال و افزایشی از صفر تا ۴ می‌باشد.
کسینوس α: مخرج کسر ثابت و برابر ۲ و صورت آن زیر رادیکال و کاهشی از ۴ تا صفر می‌باشد.
تانژانت α: از حاصل تقسیم نسبت سینوس به کسینوس به‌دست می‌آید.
کتانژانت α: از حاصل تقسیم نسبت کسینوس به سینوس به‌دست می‌آید.

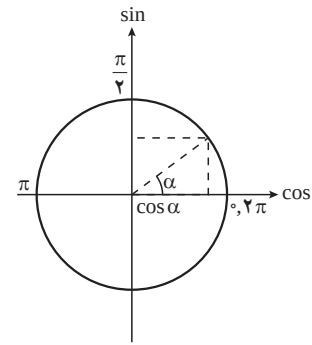
➢ دایره و نسبت‌های مثلثاتی

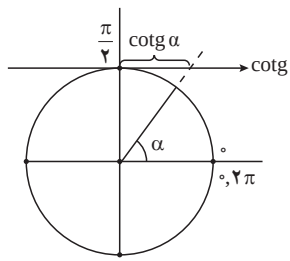
دایره مثلثاتی دایره‌ای است مطابق شکل (مقابل) به شعاع واحد که محور افقی آن محور کسینوس‌ها و محور عمودی آن محور سینوس‌ها و اندازه‌گیری زاویه در آن از نقطه A شروع و در جهت خلاف عقربه‌های ساعت می‌باشد. موقعیت محورهای tag و cotg را نیز در این شکل مشاهده می‌نمایید.

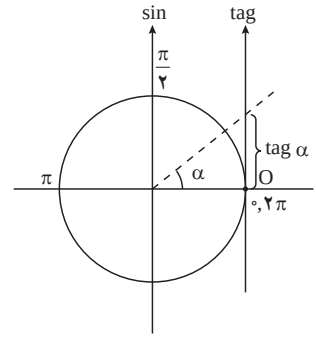


مشاهده می‌شود که در این دایره می‌توان بسیاری از نسبت‌های مثلثاتی را به شرح ذیل به هنرجویان تبیین نمود که به جای حفظ کردن از آن استفاده نمایند.

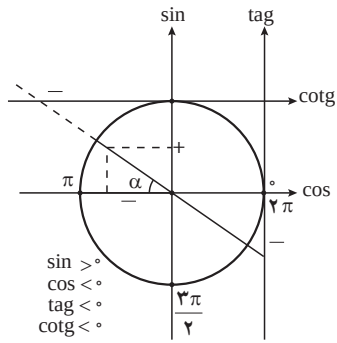


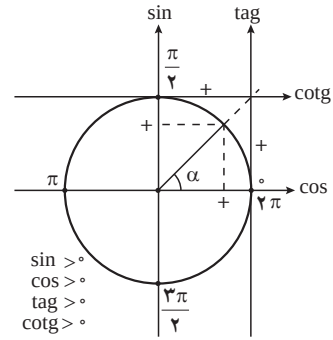




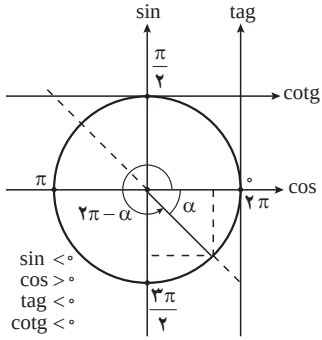


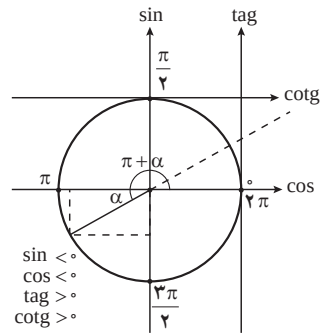
علامت sin , cos , tag و cotg در هر مربع:

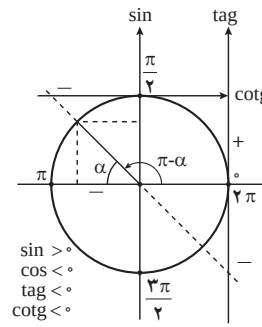


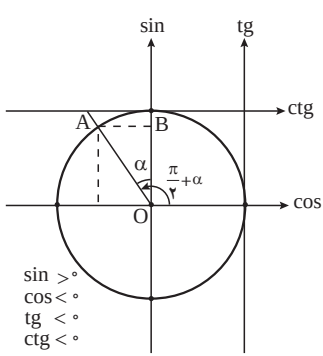


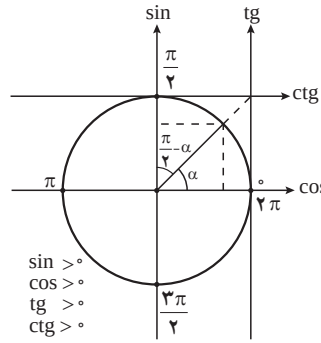
به همین صورت می‌توان نسبت‌های $(\frac{\pi}{۲} \pm \alpha)$، $(\pi \pm \alpha)$ و $(۲\pi \pm \alpha)$ را از روی شکل‌های زیر استخراج نمود.











همچنین با توجه به اشکال فوق می‌توان به راحتی روابط زیر را استنباط نمود.

نکته

درمحاسبه نسبت‌های چهارگانه مثلثاتی $(\frac{\pi}{۲}\pm\alpha)$ هرکدام از نسبت‌ها به نسبت نظیر خود برای زاویه α تبدیل می‌شود و علامت و مقدار آنها نیز با توجه به موقعیت $(\frac{\pi}{۲}\pm\alpha)$ در دایره مثلثاتی به‌دست می‌آید؛ به‌عنوان مثال در نسبت‌های زیر داریم:

$$\cos(\frac{\pi}{۲}+\alpha)=-\sin\alpha$$

چون $(\frac{\pi}{۲}+\alpha)$ در ربع دوم است و در این ناحیه $\cos\alpha$ منفی است لذا به $-\sin\alpha$ تبدیل می‌شود و در حالت ذیل خواهیم داشت:

$$\sin(\frac{\pi}{۲}+\alpha)=\cos\alpha$$

چون $(\frac{\pi}{۲}+\alpha)$ در ربع دوم است و در این ناحیه $\sin\alpha$ مثبت است لذا به $\cos\alpha$ تبدیل می‌شود.

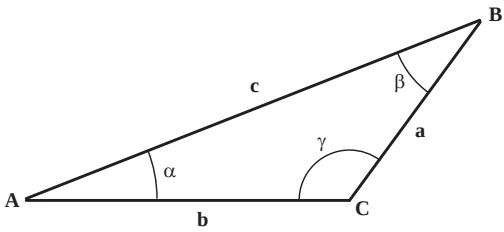
➢ حل مثلث و روابط سینوس‌ها و کسینوس‌ها

منظور از حل مثلث آن است که با معلوم بودن برخی از مشخصات یک مثلث، سایر مشخصات آن، شامل طول‌ها و زوایای مجهول را محاسبه نمود. این عمل با استفاده از روابط سینوس‌ها و کسینوس‌ها در مثلث قابل انجام است.

✓ رابطه sinها

با داشتن دو زاویه و ضلع مقابل به یکی از آنها و یا دو ضلع و زاویه مقابل به یکی از آنها، می‌توان به کمک رابطه sinها سایر پارامترهای مثلث را تعیین نمود.

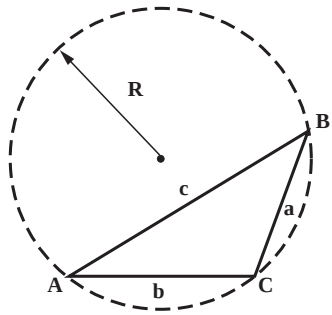
در هر مثلث غیرمشخص رابطهٔ زیر برقرار است.



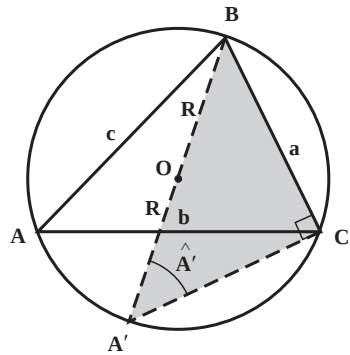
$$\frac{a}{\sin A}=\frac{b}{\sin B}=\frac{c}{\sin c}=2R$$

$$\boxed{\frac{a}{\sin\alpha}=\frac{b}{\sin\beta}=\frac{c}{\sin\gamma}=2R}$$

«در مثلث غیرمشخص، نسبت هر ضلع به سینوس زاویهٔ مقابلش ثابت و برابر است با قطر دایره محیطی آن مثلث».



اثبات رابطهٔ سینوس‌ها: مثلث ABC را در نظر بگیرید. با ثابت نگه داشتن رئوس B و C و جابه‌جایی رأس A به نحوی که ضلع AB از مرکز دایره عبور کند مثلث قائم‌الزاویهٔ $A'BC$ حاصل می‌شود که همچنان زاویه A' با زاویه A برابر است و با نوشتن روابط مثلثاتی داریم:



ثابت می‌شود که :

$$B\hat{A}C = B\hat{A}'C = \hat{A}$$

چون $\sin A' = \sin A$

و $\sin A' = \frac{a}{2R}$

نتیجه می‌شود که:

$$\sin A = \frac{a}{2R} \Rightarrow \boxed{\frac{a}{\sin A} = 2R}$$

به طریق مشابه می‌توان ثابت کرد که:

$$\frac{b}{\sin B} = 2R \quad , \quad \frac{c}{\sin C} = 2R$$

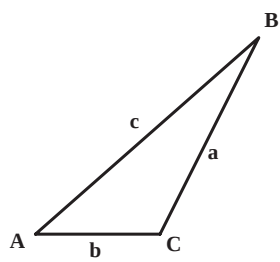
$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

✓ رابطه cosها

با مشخص بودن دو ضلع و زاویه بین آنها از یک مثلث، می‌توان ضلع سوم و دو زاویه دیگر مثلث را با استفاده از رابطه cosها به‌دست آورد.

در مثلث ABC شکل زیر داریم:

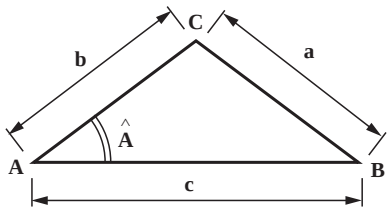
$$\boxed{\begin{aligned} a^2 &= b^2 + c^2 - 2bc\cos A \\ b^2 &= a^2 + c^2 - 2ac\cos B \\ c^2 &= a^2 + b^2 - 2ab\cos C \end{aligned}}$$



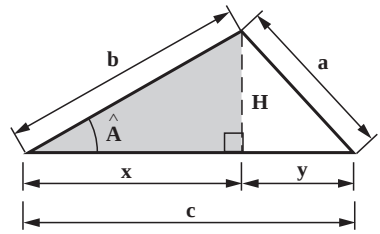
با استفاده از روابط بالا که به رابطهٔ کسینوس‌ها معروف است، می‌توانیم زوایای مثلث را به‌صورت زیر بنویسیم:

$$\boxed{\begin{aligned} \cos A &= \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \\ \cos B &= \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} \\ \cos C &= \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \end{aligned}}$$

اثبات رابطه کسینوس‌ها: فرض کنید مثلث نامشخصی مطابق شکل زیر داشته باشیم.



فرض کنید هدف تعیین ضلع (BC یا a) می‌باشد و دو ضلع b و c مشخص باشند. برای این منظور کافی است از رأس C عمودی بر ضلع AB استخراج شود و مثلث صفحه بعد که یک مثلث قائم‌الزاویه است را مورد بررسی قرار دهیم.



بدیهی است که در مثلث سمت چپ بالا داریم:

$$x = b\cos A$$
$$H = b\sin A$$

و در مثلث سمت راست بالا داریم:

$$y = c - x = c - b\cos A$$
$$a^{۲} = y^{۲} + H^{۲} = (c - b\cos A)^{۲} + (b\sin A)^{۲}$$
$$a^{۲} = (c^{۲} + b^{۲}\cos^{۲} A - ۲bc.\cos A) + (b^{۲}\sin^{۲} A)$$
$$a^{۲} = c^{۲} + b^{۲}(\cos^{۲} A + \sin^{۲} A) - ۲bc.\cos A$$
$$a^{۲} = c^{۲} + b^{۲} - ۲b.c\cos A$$

کمیت‌های فیزیکی

می‌دانیم که کمیت‌های فیزیکی به دو دسته برداری و اسکالر تقسیم‌بندی می‌شوند و در این تقسیم‌بندی، کمیت‌های اسکالر یا عددی را با یک مقدار عددی معرفی نموده و کمیت‌های برداری را با مشخصات اندازه، جهت و راستای آنها تعریف می‌نمایند.

کمیت نرده‌ای (عددی):

به هر کمیت فیزیکی که فاقد جهت بوده و تنها دارای بزرگی (اندازه) باشد، یعنی تنها با یک عدد (البته با ذکر واحد مربوط) مشخّص شود، کمیت نرده‌ای گویند.

کمیت‌هایی مانند طول جاده، سطح سالن، حجم استخر و زمان نرده‌ای هستند. کار بر روی کمیت‌های عددی با عملیات ریاضی معمولی انجام می‌گیرد.

کمیت برداری:

به کمیت‌هایی که علاوه بر بزرگی دارای جهت و راستا نیز باشند، کمیت برداری گویند.

کمیت‌های بردار نیرو، بردار سرعت، بردار جابه‌جایی و... از نوع کمیت‌های برداری هستند.

«راستا» امتداد خطی است که بردار روی آن قرار دارد و «جهت یا سو» یکی از دو طرف «راستا» است.

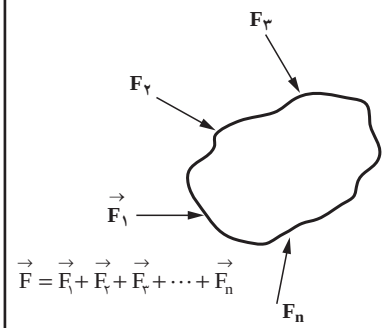
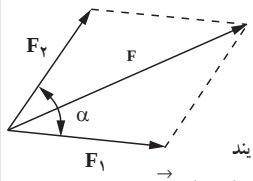
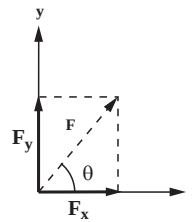
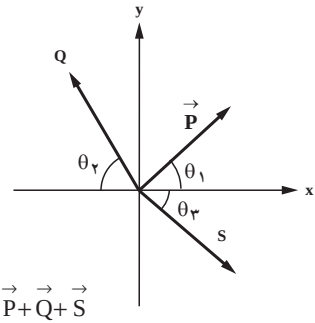
در این قسمت، جمع نیروها، تجزیه یک نیرو به دو یا چند مؤلفه و تصویر یک نیرو بر روی یک محور را شرح خواهیم داد. به‌دلیل برداری بودن نیرو، می‌بایست از جبر برداری استفاده شود. در مسائل استاتیکی پیچیده، ساده‌ترین روش حل، استفاده از روش‌های برداری است که علاوه بر اینکه دقت

و سرعت عمل را افزایش می‌دهد، از الزام و نیاز به درک فضایی مسائل می‌کاهد.

اهداف اصلی جبر برداری		
دانشی	**مهارتی**	**نگرشی**
کمیت اسکالر را بشناسد.	برآیند دو یا چند نیرو را تعیین کند.	جابه‌جایی جسم در راستای برآیند نیروها است.
کمیت برداری را بشناسد.	یک بردار را به مؤلفه‌های متعامد تجزیه نماید.	تمام کُرات و اجسام فضایی تحت اثر نیروهایی هستند که حرکت مجموعه آنها در راستای برآیند کل نیروهاست.
روش جمع جبری بردارها را بیاموزد.	برآیند دسته‌ای از نیروهای متقارب را به‌دست آورد	برآیند نیروهای وارد بر کرهٔ زمین در منظومه شمسی قاعدتاً صفر است که جابه‌جایی نسبی (به‌جز حرکت دورانی و وضعی زمین) در فواصل سیاره‌ها و ستاره‌ها وجود ندارد.
روش تجزیه نیرو به مؤلفه‌ها را فرا گیرد.	برآیند دو نیروی غیرمتعامد را از قانون کسینوس‌ها تعیین نماید	
بردارهای یکه را بشناسد.		
نیروهای واقع در صفحه و نیروهای متقارب (همرس) را بیان کند.		

عملیات (جبر) برداری

منظور از عملیات برداری، محاسبات جمع، تفریق و ضرب و تقسیم کمیت‌های برداری می‌باشد که با عملیات جبری در ریاضیات با هم تفاوت دارند.

روابط و فرمول‌ها	تعریف اجزای روابط و فرمول‌ها	روابط پایه موردنیاز
 $\vec{F}=\vec{F_1}+\vec{F_2}+\vec{F_3}+\cdots+\vec{F_n}$	$\vec{F}$ ــ برآیند دسته‌ای از نیروهای برداری $\vec{F_1}$ ــ بردار نیروی اول $\vec{F_2}$ ــ بردار نیروی دوم ⋮ ⋮ $\vec{F_n}$ ــ بردار نیروی nام	قواعد مربوط به : تعریف بردار بردار واحد جمع جبری بردارها
$F^2=F_1^2+F_2^2+2F_1F_2\cos\alpha$	 F ــ برایند F_1 ــ مقدار بردار $\vec{F_1}$ F_2 ــ مقدار بردار $\vec{F_2}$ α ــ زاویه بین دو بردار	قانون کسینوس‌ها قانون سینوس‌ها روابط مثلث قائم‌الزاویه
$\vec{F}=\vec{F_{xi}}+\vec{F_{yj}}$ $F_x=F.\cos\theta$ $F_y=F.\sin\theta$ 	F_n ــ مؤلفه نیروی F در جهت xها F_y ــ مؤلفه نیروی F در جهت yها θ ــ زاویه برآیند با افق (محور x)	روابط مربوط به نسبت‌های مثلثاتی، مثلث قائم‌الزاویه قضیه فیثاغورث
 $\vec{R}=\vec{P}+\vec{Q}+\vec{S}$ $\vec{R}=(\vec{P_{xi}}+\vec{P_{yj}})+(\vec{Q_{xi}}+\vec{Q_{yj}})+(\vec{S_{xi}}+\vec{S_{yj}})$ $=(P_x+Q_x+S_x)_i+(P_y+Q_y+S_y)_j$	$\vec{R}$ ــ برآیند دسته‌ای از نیروها Q_x و Q_y مؤلفه‌های بردار نیروی $\vec{Q}$ P_x و P_y مؤلفه‌های بردار نیروی $\vec{P}$ S_x و S_y مؤلفه‌های بردار نیروی $\vec{S}$	قواعد مربوط به جمع جبری برداری و تجزیه نیروها

روش‌های جمع و تفریق بردارها

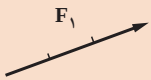
بردارها را می‌توان با توجه به تعداد آنها با روش‌های مختلف، با هم جمع یا از هم تفریق نمود.

۱ــ روش ترسیمی

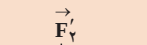
بردارها را می‌توان با ترسیم دقیق جهت و اندازه آنها با یکدیگر جمع و تفریق نمود. در این روش، که خود به سه حالت ترسیم مثلث، متوازی‌الاضلاع و چند ضلعی تقسیم‌بندی می‌شود، روش‌های مثلث و متوازی‌الاضلاع برای جمع و تفریق دو بردار و روش چند ضلعی برای بیش از دو بردار کاربرد دارد .

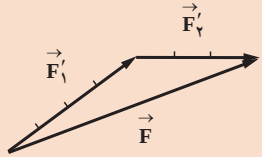
تعیین برآیند بردارها به روش مثلث: در این روش، ابتدا برداری هم‌سنگ بردار اوّل و سپس از انتهای بردار اوّل (نوک پیکان بردار اوّل) هم‌سنگ بردار دوم رسم می‌کنیم. برآیند این دو بردار، برداری است که ابتدای بردار اوّل را به انتهای بردار دوم وصل می‌کند.

مثال



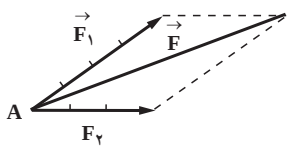
دو بردار $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ را طبق شکل در نظر بگیرید. برای تعیین برآیند این دو بردار، چنین عمل می‌کنیم: از نقطه‌ای مانند A، هم‌سنگ $\vec{F}_1$ می‌کشیم و آن را $\vec{F}'_1$ می‌نامیم. به همین ترتیب $\vec{F}'_2$ را هم‌سنگ $\vec{F}_2$ رسم می‌کنیم. برداری که ابتدای $\vec{F}'_1$ را به انتهای $\vec{F}'_2$ وصل می‌کند (یعنی $\vec{F}$)، برآیند دو بردار $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ می‌باشد.



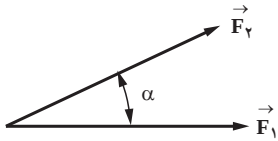


تعیین برآیند بردارها به روش متوازی‌الاضلاع: برای تعیین برآیند دو بردار به روش متوازی‌الاضلاع، کافی است از نقطه‌ای مثل A هم‌سنگ دو بردار مورد نظر را رسم کنیم (به‌طوری‌که ابتدای هر دو بردار روی نقطهٔ A باشد). سپس از انتهای بردار اوّل به اندازه و موازات بردار دوم و از انتهای بردار دوم به اندازه و موازات بردار اوّل رسم می‌کنیم تا متوازی‌الاضلاعی حاصل شود. اندازهٔ قطر متوازی‌الاضلاع که از نقطهٔ مادی A شروع می‌شود، اندازهٔ برآیند دو نیروی مورد نظر می‌باشد و جهت آن به‌گونه‌ای است که نقطهٔ A ابتدای بردار برآیند باشد.

برآیند دو بردار $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ شکل (اول مثال بالا) را که به روش متوازی‌الاضلاع به‌دست آمده است در شکل مقابل می‌بینیم.



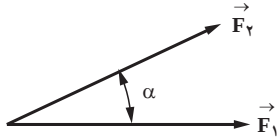
α زاویهٔ بین دو بردار $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ است.



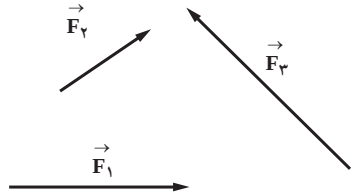
برای به‌دست آوردن اندازهٔ بردار برآیند، طول قطر متوازی‌الاضلاع را اندازه می‌گیریم و با توجه به مقیاس شکل، اندازهٔ برآیند را به‌دست می‌آوریم.
اگر بخواهیم اندازهٔ بردار برآیند را از روش محاسباتی به‌دست آوریم، معادلهٔ آن به شکل زیر است که به قانون کسینوس‌ها معروف است.

$$F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha$$

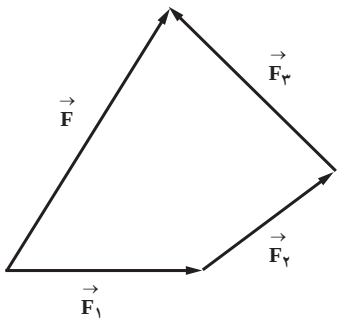
α زاویهٔ بین دو بردار $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ است.



تعیین برآیند بردارها به روش چندضلعی: برای این منظور بردارهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_3$ را مطابق شکل زیر درنظر بگیرید.



برای به‌دست آوردن برآیند این بردارها، از یک نقطه برداری هم‌سنگ اوّلین بردار $\vec{F}_1$ رسم می‌کنیم. از انتهای آن به همین روش، هم‌سنگ دومین بردار ($\vec{F}_2$) را می‌کشیم و به همین ترتیب، هم‌سنگ بردار $\vec{F}_3$ را رسم می‌کنیم. برداری که ابتدای اوّلین بردار را به انتهای آخرین بردار وصل می‌کند، حاصل جمع (برآیند) بردارها است و می‌نویسیم:

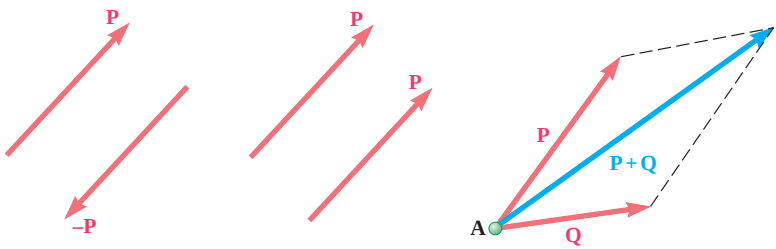


$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

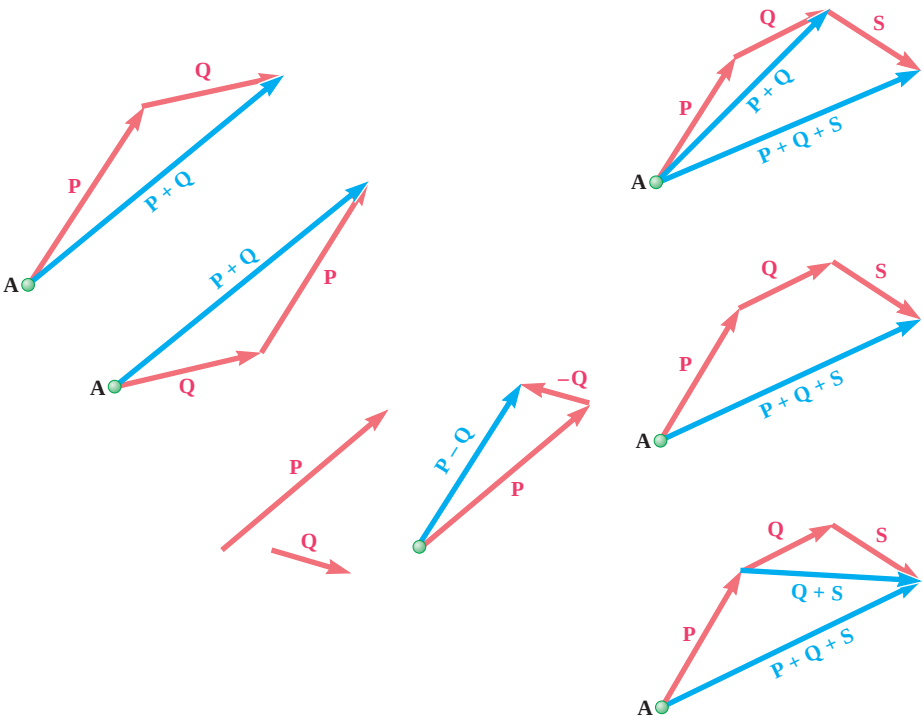
پیشنهاد

با توجه به اینکه هنرجویان با نرم‌افزار اتوکد آشنا می‌باشند لازم است همکاران محترم تکالیف این بخش را با استفاده از این نرم‌افزار از هنرجویان بخواهند.

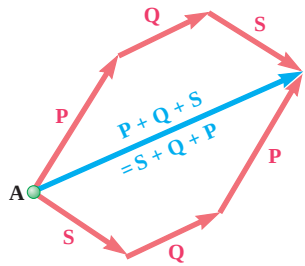
خواص عملیات جمع بردارها



$$P + Q = Q + P$$



$$P - Q = P + (-Q)$$



$$P+Q+S=(P+Q)+S$$

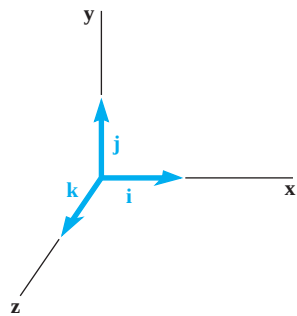
$$P+Q+S=(P+Q)+S=P+(Q+S)$$
$$P+Q+S=(P+Q)+S=S+(P+Q)$$
$$=S+(Q+P)=S+Q+P$$

نکته

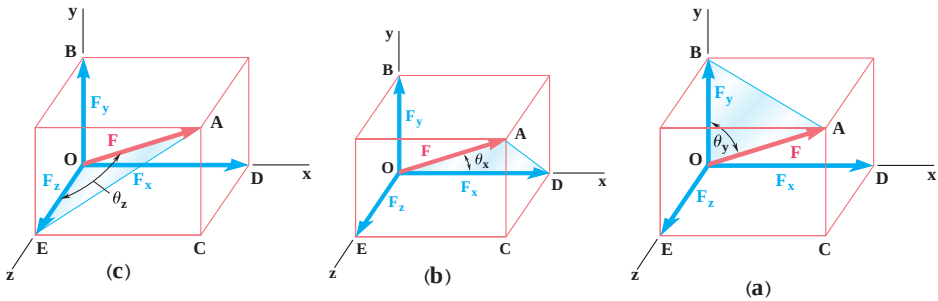
در حالت خاص برای بردارهای هم‌راستا، جمع و تفریق بردارها با جمع جبری مقادیر آنها برابر است.

نمایش برداری بردارها

هر بردار را می‌توان بر روی امتدادهای مختلف به‌صورت برداری تجزیه نمود. مطابق قانون دست راست نمایش محورهای مختصات به‌صورت شکل زیر است. در این سیستم هرگاه محور Z جهت انگشت شست باشد، چهار انگشت دیگر از X به سمت Y می‌چرخند.



نمایش برداری هر بردار در فضا



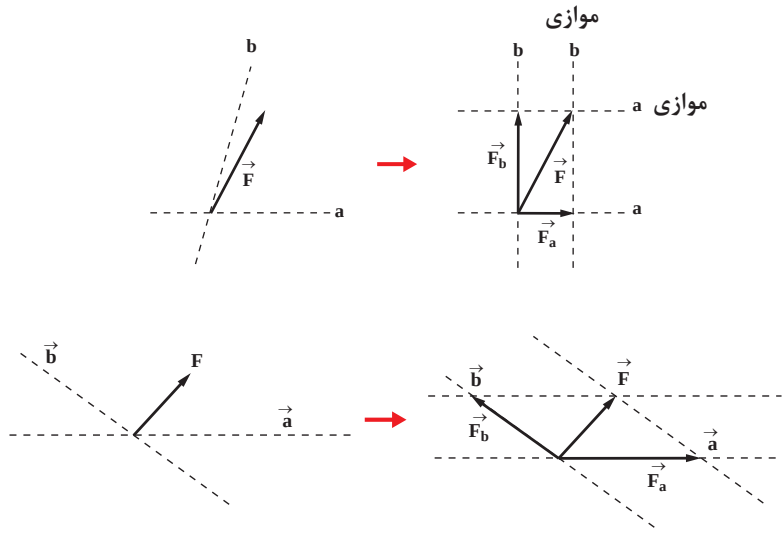
$$F_x = F\cos\theta_x \qquad F_y = F\cos\theta_y \qquad F_z = F\cos\theta_z$$

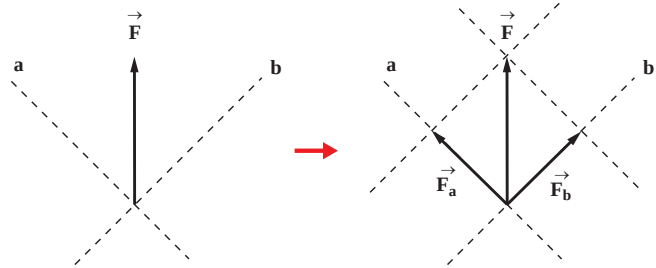
$$F = F_x i + F_y j + F_z k$$

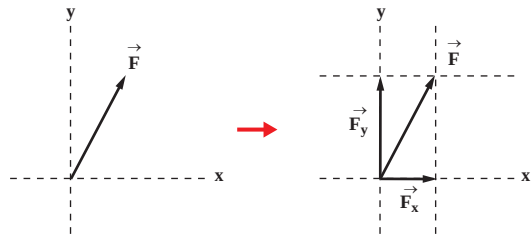
تجزیه بردارها

۱ـ حالت دو بعدی

نمونه‌هایی از تجزیه یک بردار نسبت به امتدادهای a و b:







۲ـ حالت سه بعدی

$$F_y = F\cos\theta_y \qquad F_h = F\sin\theta_y$$

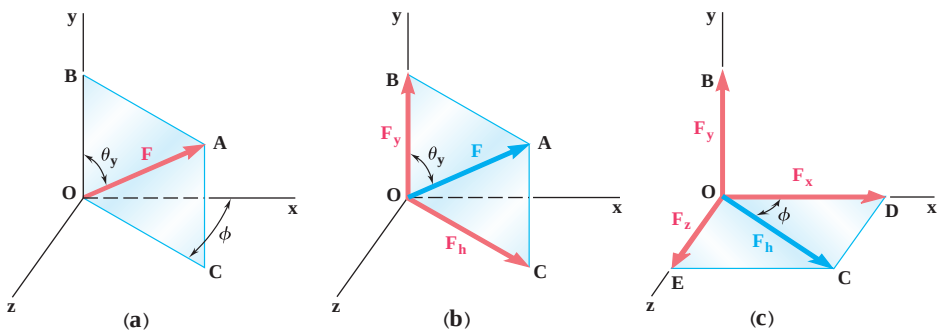
$$F_x = F_h\cos\phi = F\sin\theta_y\cos\phi$$

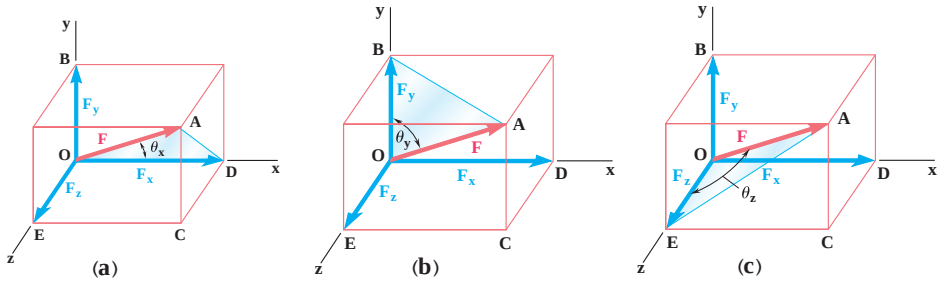
$$F_z = F_h\sin\phi = F\sin\theta_y\sin\phi$$

$$F^2 = (OA)^2 = (OB)^2 + (BA)^2 = F_y^2 + F_h^2$$

$$F_h^2 = (OC)^2 = (OD)^2 + (DC)^2 = F_x^2 + F_z^2$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$





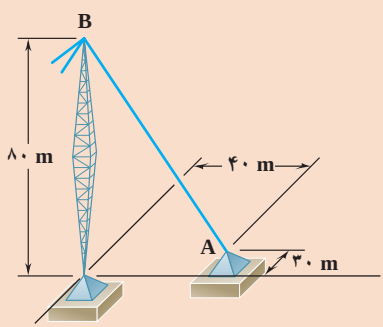
$$F_x = F\cos\theta_x \qquad F_y = F\cos\theta_y \qquad F_z = F\cos\theta_z$$

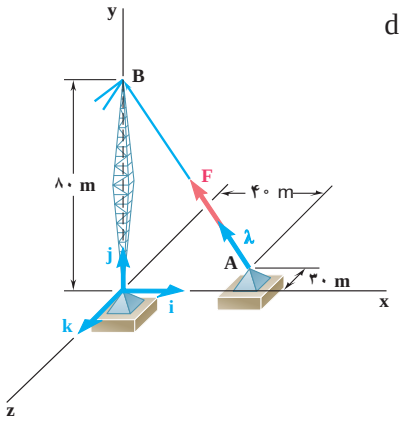
$$F = F_x i + F_y j + F_z k$$

θ_x , θ_y , θ_z کسینوس‌های زوایای هادی بردارند که این زوایا، زاویه بردار با هریک از محورهای مختصات می‌باشد.

مثال

در شکل زیر اگر نیروی کابل AB برابر ۲۵۰۰ نیوتن باشد، مطلوب است محاسبه مؤلفه‌های این نیرو روی محورهای X,Y, Z و زوایای امتداد آنها.





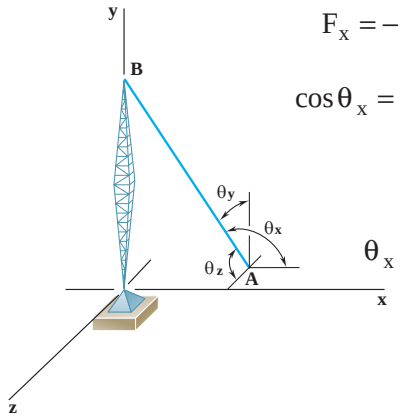
$$d_x = -۴۰\text{m} \qquad d_y = +۸۰\text{m} \qquad d_z = +۳۰\text{m}$$

$$AB = d = \sqrt{d_x^۲ + d_y^۲ + d_z^۲} = ۹۴/۳\text{m}$$

$$F = F\lambda = F\frac{\vec{AB}}{AB} = \frac{۲۵۰۰\text{N}}{۹۴/۳\text{m}}\vec{AB}$$

$$F = \frac{۲۵۰۰\text{N}}{۹۴/۳\text{m}}\left[-(۴۰\text{m})i + (۸۰\text{m})j + (۳۰\text{m})k\right]$$

$$= -(۱۰۶۰\text{N})i + (۲۱۲۰\text{N})j + (۷۹۵\text{N})k$$



$$F_x = -۱۰۶۰N \qquad F_y = +۲۱۲۰N \qquad F_z = +۷۹۵N$$

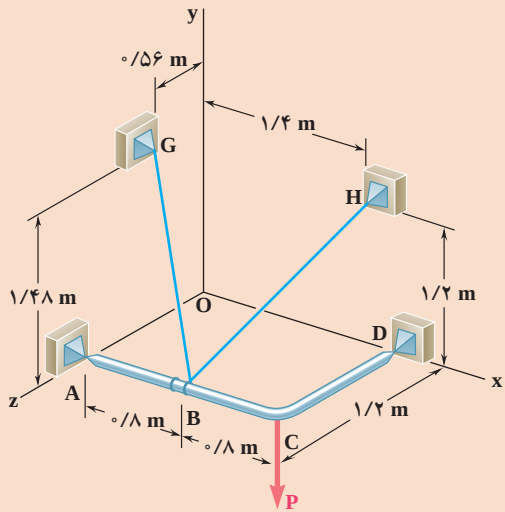
$$\cos\theta_x = \frac{F_x}{F} = \frac{-۱۰۶۰N}{۲۵۰۰N} \qquad \cos\theta_y = \frac{F_y}{F} = \frac{+۲۱۲۰N}{۲۵۰۰N}$$

$$\cos\theta_z = \frac{F_z}{F} = \frac{+۷۹۵N}{۲۵۰۰N}$$

$$\theta_x = ۱۱۵/۱^\circ \qquad \theta_y = ۳۲/۰^\circ \qquad \theta_z = ۷۱/۵^\circ$$

تمرین

در قاب ABCD که توسط کابل DBE نگهداری می‌شود، در صورتی‌که کابل DBE در نقطه B از یک حلقه بدون اصطکاک عبور نموده و کشش آن ۳۸۵ نیوتن باشد، مطلوب است مقدار و جهت برآیند نیروی واقع در نقطه B.



ضرب بردارها

ضرب بردارها عبارت است از ضرب اسکالر یا داخلی و ضرب برداری

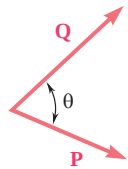
حاصل ضرب اسکالر دو بردار

اکنون می‌خواهیم با معرفی حاصل ضرب اسکالر دو بردار معلومات خود را در زمینه جبر برداری بسط دهیم. حاصل‌ضرب اسکالر دو بردار P و Q به‌عنوان ضرب بزرگی‌های P و Q و کسینوس زاویه θ یعنی زاویه بین P و Q تعریف می‌گردد. حاصل ضرب اسکالر P و Q به صورت (P .Q) نمایش داده می‌شود، بنابراین می‌توان نوشت:

$$P.Q = PQ\cos\theta$$

توجه داشته باشید که رابطه اخیر یک بردار نیست، بلکه یک اسکالر یا عدد است و به همین خاطر به حاصل‌ضرب نقطه‌ای مشهور است. از تعریف بسیار واضحی که ارائه شد نتیجه‌گیری می‌شود که حاصل‌ضرب اسکالر دو بردار از قانون جابه‌جایی تبعیت می‌کند؛ به‌عبارت دیگر :

$$P.Q = Q.P$$



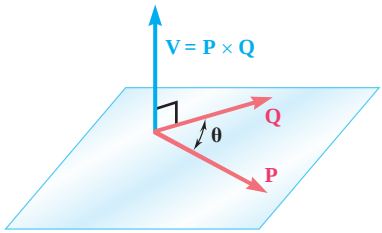
ضرب برداری بردارها

حاصل‌ضرب برداری دو بردار P و Q به عنوان برداری مثل V که شرایط زیر را ارضا کند، تعریف می‌گردد.

۱ خط اثر بردار V بر صفحه ای که حاوی دو بردار P و Q است عمود می‌باشد.

۲ بزرگی بردار V مساوی حاصل‌ضرب بزرگی‌های P و Q در سینوس زاویه بین دو بردار P و Q می‌باشد . اندازه این زاویه همواره باید مساوی یا کمتر از ۱۸۰ باشد.

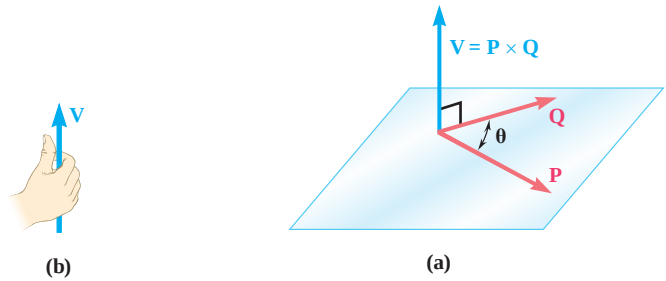
۳ جهت بردار V طوری باشد که اگر شخصی در بالای آن قرار گیرد دورانی به اندازه زاویه θ که بردار P به سمت بردار Q انجام می‌دهد تا بر آن منطبق گردد، را در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت مشاهده کند .



(a)

اگر دو بردار P و Q نقطه اثر مشترک نداشته باشند، ابتدا باید آنها را از یک نقطه مشترک ترسیم کرد.

اگر سه بردار P ، Q و V به همین ترتیب در نظر گرفته شوند مجموعه‌ای را تشکیل می‌دهند که از قانون دست راست تبعیت می‌کند و سه وجهی قائم راست‌گرد نامیده می‌شود.



رابطه ریاضی حاصل‌ضرب برداری دو بردار P و Q به صورت زیر است:

$$V = P \times Q$$
$$V = PQ\sin\theta$$

تعبیر هندسی ضرب بردارها

تعبیر هندسی ضرب بردارها عبارت است از مساحت متوازی‌الاضلاعی که دو ضلع آن P و Q می‌باشند. واضح است که حاصل‌ضرب برداری دو بردار P و Q با حاصل‌ضرب برداری دو بردار $P \times Q'$ مساوی می‌باشد.

$$V = P \times Q = P \times Q'$$

از سومین شرط حاصل‌ضرب برداری بردارها نتیجه می‌شود که حاصل‌ضرب‌های برداری از قانون جابه‌جایی یا تعویض پذیری تبعیت نمی‌کنند یعنی:

$$Q \times P = -(P \times Q)$$

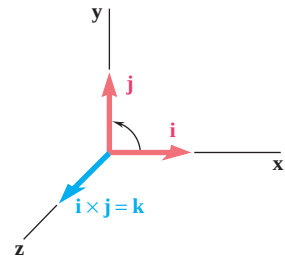
حاصل‌ضرب برداری بردارها برحسب مؤلفه‌های متعامد

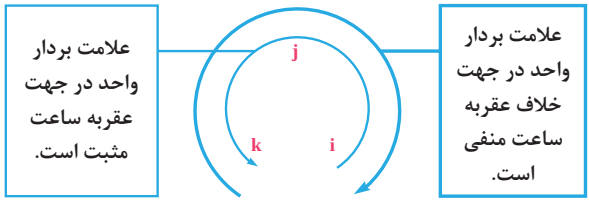
اکنون می‌خواهیم حاصل‌ضرب برداری هر دو بردار واحد از بردارهای واحد i , j , k را محاسبه کنیم ابتدا حاصل‌ضرب $i \times j$ را در نظر بگیرید از آنجایی که بزرگی هر دو بردار مساوی یک است و چون دو بردار بر یکدیگر عمود می‌باشند حاصل‌ضرب برداری آنان نیز مساوی یک بردار واحد خواهد بود. این بردار واحد باید k باشد زیرا بردارهای i , j , k متقابلاً بر هم عمود بوده و یک سه وجهی قائم راست‌گرد تشکیل می‌دهند. از طرفی حاصل‌ضرب $j \times i$ مساوی $-k$ است زیرا دوران ۹۰ درجه‌ای که j را به سمت i آورده و بر آن منطبق می‌کند به‌وسیله شخصی که در نوک بردار $-k$ مستقر است در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت مشاهده خواهد شد.

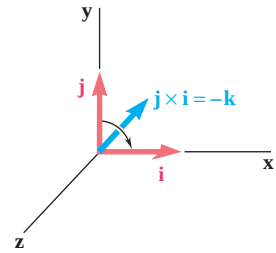
بالاخره باید توجه کرد که حاصل‌ضرب برداری یک بردار واحد در خودش مثل آی در آی مساوی صفر خواهد بود؛ زیرا هر دو بردار در یک امتداد مشترک واقع شده‌اند. اگر سه نماد نشان‌دهنده بردارهای واحد را در جهت عکس عقربه‌های ساعت روی یک دایره کوچک یادداشت کنیم مطابق

شکل زیر می‌توانیم نحوه دستیابی به علامت صحیح حاصل‌ضرب برداری دو بردار واحد را ساده‌تر کنیم حاصل‌ضرب دو بردار واحد وقتی مثبت است که آن دو بردار در جهت عکس عقربه‌های ساعت به دنبال یکدیگر قرار گرفته و وقتی منفی است که غیر از این باشد.

$$\mathbf{i}\times\mathbf{i}=0 \qquad \mathbf{j}\times\mathbf{i}=-\mathbf{k} \qquad \mathbf{k}\times\mathbf{i}=\mathbf{j}$$
$$\mathbf{i}\times\mathbf{j}=\mathbf{k} \qquad \mathbf{j}\times\mathbf{j}=0 \qquad \mathbf{k}\times\mathbf{j}=-\mathbf{i}$$
$$\mathbf{i}\times\mathbf{k}=-\mathbf{j} \qquad \mathbf{j}\times\mathbf{k}=\mathbf{i} \qquad \mathbf{k}\times\mathbf{k}=0$$







اکنون می‌توانیم V یا حاصل‌ضرب برداری دو بردار معلوم P و Q را به آسانی برحسب مؤلفه‌های قائم آنها بیان کنیم، بنابراین با تجزیه P و Q به مؤلفه‌هایشان ابتدا می‌نویسیم:

$$V=P\times Q=(P_x\mathbf{i}+P_y\mathbf{j}+P_z\mathbf{k})\times(Q_x\mathbf{i}+Q_y\mathbf{j}+Q_z\mathbf{k})$$

با استفاده از خاصیت توزیع‌پذیری V را به صورت مجموعه حاصل‌ضرب‌های برداری بیان می‌کنیم و در نهایت خواهیم داشت:

$$V=(P_yQ_z-P_zQ_y)\mathbf{i}+(P_zQ_x-P_xQ_z)\mathbf{j}+(P_xQ_y-P_yQ_x)\mathbf{k}$$

بنابراین مؤلفه‌های قائم حاصل‌ضرب برداری V به‌صورت زیر به‌دست می‌آیند:

$$V_x=P_xQ_z-P_zQ_y$$
$$V_y=P_zQ_x-P_xQ_z$$
$$V_z=P_xQ_y-P_yQ_x$$

مشاهده می‌گردد که این عبارت بسط دترمینان زیر خواهد بود که آسان‌تر به‌خاطر سپرده می‌شود.

$$V=\begin{vmatrix} i & j & k \\ P_x & P_y & P_z \\ Q_x & Q_y & Q_z \end{vmatrix}$$

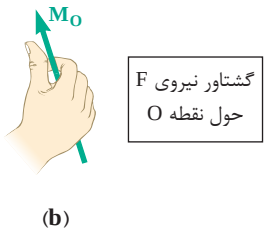
گشتاور

یکی از کاربردهای ضرب برداری محاسبه گشتاور یک نیرو حول یک نقطه است که از حاصل‌ضرب برداری دو بردار موقعیت و بردار نیرو به‌دست می‌آید.

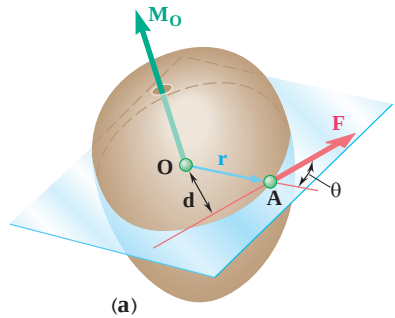
مطابق شکل a نیروی F حول نقطه O میل به چرخش یا گشتاور دارد و مقدار این گشتاور از حاصل‌ضرب برداری دو بردار موقعیت r در بردار نیروی F به‌دست می‌آید و جهت آن نیز از قانون دست راست تبعیت می‌نماید شکل b یعنی:

$$M_o = r \times F$$

$$M_o = rF\sin\theta$$



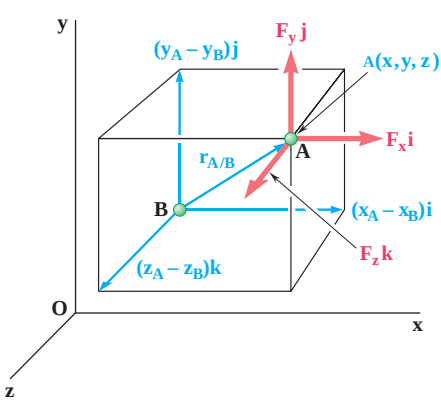
(b)



(a)

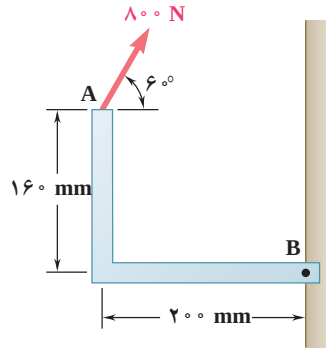
محاسبه گشتاور نیرو حول نقطه مبدأ:

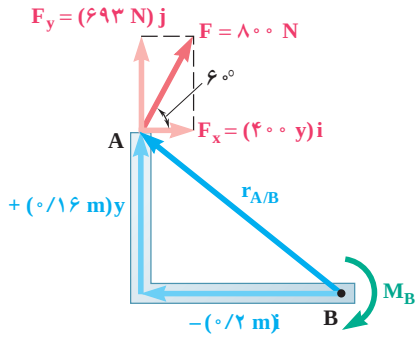
با توجه به شکل روبه‌رو، از دترمینان زیر می‌توان گشتاور نیروی F را حول نقطه O محاسبه نمود.



$$M_o=\begin{vmatrix} i & j & k \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

در این دترمینان x , y , z بردار موقعیت OA و یا به عبارت دیگر مختصات نقطه O بوده و F_x , F_y , F_z مؤلفه‌های نیروی F محورهای X , Y , Z هستند.





$$M_B = r_{A/B} \times F$$

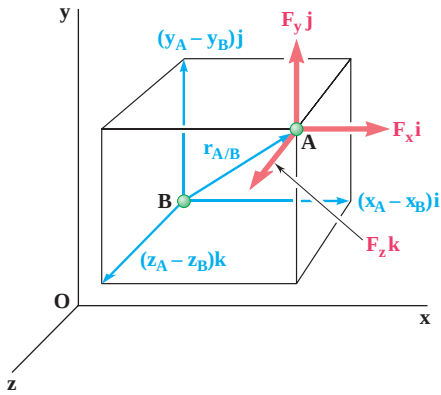
$$r_{A/B} = -(۰/۲m)i + (۰/۱۶m)j$$

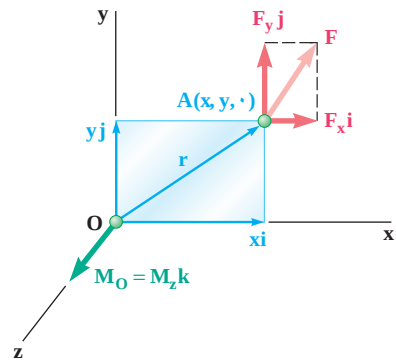
$$F = (۸۰۰N)\cos ۶۰^\circ i + (۸۰۰N)\sin ۶۰^\circ j$$
$$= (۴۰۰N)i + (۶۹۳N)j$$

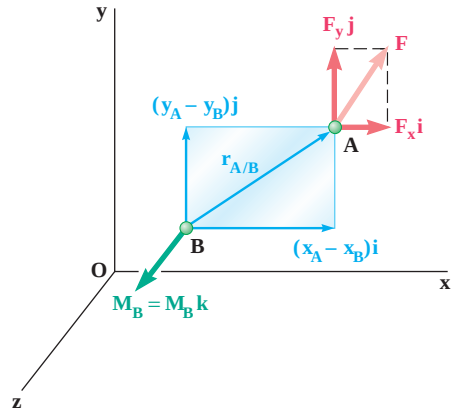
$$M_B = r_{A/B} \times F = [-(۰/۲m)i + (۰/۱۶m)j] \times (۴۰۰N)i + (۶۹۳N)j]$$
$$= -(۱۳۸/۶N.m)k - (۶۴/۰N.m)k$$
$$= -(۲۰۲/۶N.m)k$$
$$M_B = ۲۰۳N.m$$

گشتاور نیرو نسبت به یک نقطه دلخواه

مطابق شکل زیر گشتاور نیروی F حول نقطه B مانند قسمت قبل به دست می‌آید با این تفاوت که باید در بردار مکان مختصات نسبی A/B را قرار داد.







$$M_B = r_{A/B} \times F = (r_A - r_B) \times F$$

$$M_B = \begin{vmatrix} i & j & k \\ x_{A/B} & y_{A/B} & z_{A/B} \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

$$x_{A/B} = x_A - x_B \qquad y_{A/B} = y_A - y_B \qquad z_{A/B} = z_A - z_B$$

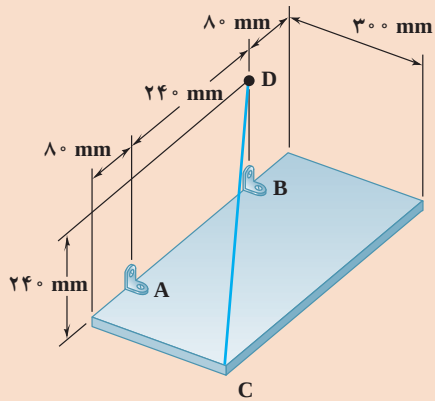
$$M_o = (xF_y - yF_x)k$$

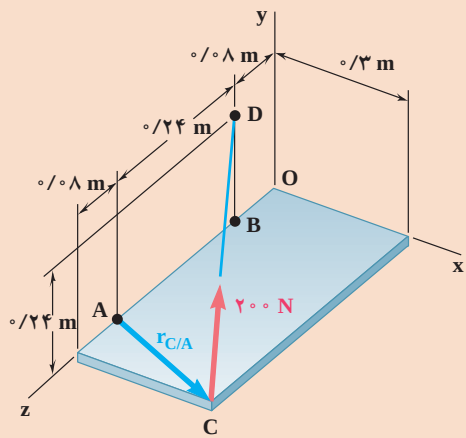
$$M_o = M_z = xF_y - yF_x$$

$$M_B = (x_A - x_B)F_y - (y_A - y_B)F_x$$

مثال

در شکل زیر در صورتی که نیروی کابل CD برابر ۲۰۰ نیوتن باشد مطلوب است محاسبهٔ گشتاور نیروی کابل CD نسبت به نقطه A.





$$M_A = r_{C/A} \times F$$

$$r_{C/A} = \vec{AC} = (۰/۳m)i + (۰/۰۸m)k$$

$$\lambda = \vec{CD}/CD \quad ,$$

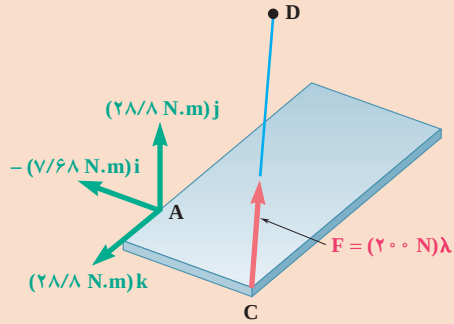
$$F = F\lambda = (۲۰۰N)\frac{\vec{CD}}{CD}$$

$$\vec{CD} = -(۰/۳m)i + (۰/۲۴m)j - (۰/۳۲m)k$$
$$CD = ۰/۵۰m$$

$$F = \frac{۲۰۰N}{۰/۵۰m}[-(۰/۳m)i + (۰/۲۴m)j - (۰/۳۲m)k]$$

$$= -(۱۲۰N)i + (۹۶N)j - (۱۲۸N)k$$

$$M_A = r_{C/A} \times F = (۰/۳i + ۰/۰۸k) \times (-۱۲۰i + ۹۶i - ۱۲۸k)$$
$$= (۰/۳)(۹۶)k + (۰/۳)(-۱۲۸)(-j) + (۰/۰۸)(-۱۲۰)j + (۰/۰۸)(۹۶)(-i)$$
$$M_A = -(۷/۶۸N.m)i + (۲۸/۸N.m)j + (۲۸/۸N.m)k$$



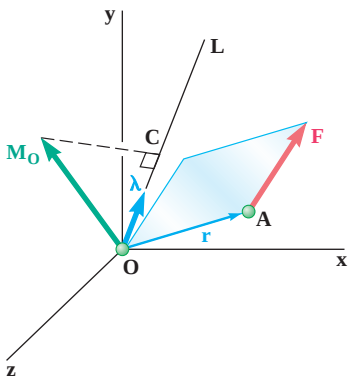
با استفاده از دترمینان زیر هم به جواب فوق خواهیم رسید.

$$M_A = \begin{vmatrix} i & j & k \\ x_C - x_A & y_C - y_A & z_C - z_A \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ ۰/۳ & ۰ & ۰/۰۸ \\ -۱۲۰ & ۹۶ & -۱۲۸ \end{vmatrix}$$

$$M_A = -(۷/۶۸N.m)i + (۲۸/۸N.m)j + (۲۸/۸N.m)k$$

گشتاور نیرو حول یک محور معلوم

مطابق شکل مقابل می‌خواهیم گشتاور نیروی F حول محور OL را تعیین نماییم. گشتاور نیروی F حول محور OL را به عنوان گشتاور M_o یا تصویر OC بر روی محور OL تعریف می‌کنیم اگر بردار واحدی که در امتداد OL واقع شده است را با نماد λ نمایش دهیم خواهیم داشت:



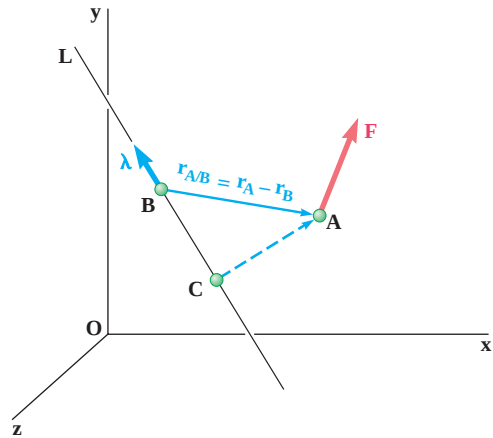
$$M_{oL} = \lambda \times M_o = \lambda \times (r \times F)$$

رابطه اخیر نشان می‌دهد که M_{ol} یا گشتاور F حول محور OL اسکالری است از تشکیل حاصل‌ضرب مختلط سه گانه F , r , λ به‌دست آمده است، لذا خواهیم داشت:

$$M_{oL} = \begin{vmatrix} \lambda_x & \lambda_y & \lambda_z \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

به طور کلی گشتاور F یا نیروی وارد برنقطه A حول محوری که از مبدأ مختصات نمی‌گذرد از طریق انتخاب یک نقطه دلخواه بر روی محور و تصویر کردن گشتاور M_B یا گشتاور نیروی F حول نقطه B بر روی محور OL محاسبه می‌شود، بنابراین می‌توان نوشت:

$$M_{BL} = \lambda \times M_B = \lambda \times (r_{A/B} \times F)$$

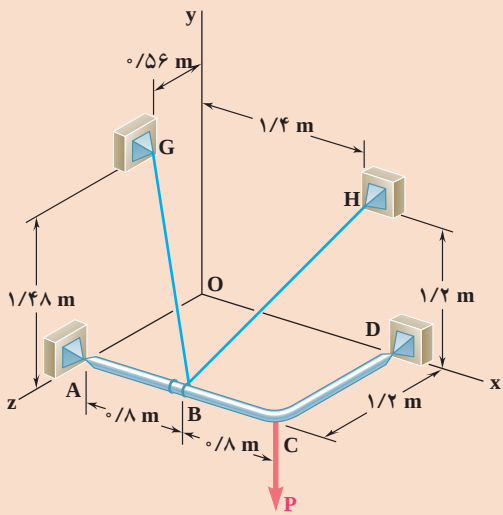


در رابطه اخیر $r_{A/B} = r_A - r_B$ نشان‌دهنده بردار ترسیم شده از B به A می‌باشد با بیان M_{BL} به صورت یک دترمینان خواهیم داشت:

$$M_{BL} = \begin{vmatrix} \lambda_x & \lambda_y & \lambda_z \\ x_{A/B} & y_{A/B} & z_{A/B} \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

مثال

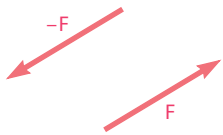
قاب ACD مطابق شکل از یک طرف در نقاط A , D لولا شده و از طرف دیگر بر رشته کابلی که از حلقه B گذشته و به وسیله دو قلاب به نقاط G، H متصل شده است، متکی می‌باشد. اگر کشش در کابل مساوی ۴۵۰ نیوتون باشد گشتاور ناشی از نیرویی که به وسیله بخش BH کابل برقاب وارد می‌شود را حول قطر AD محاسبه کنید.

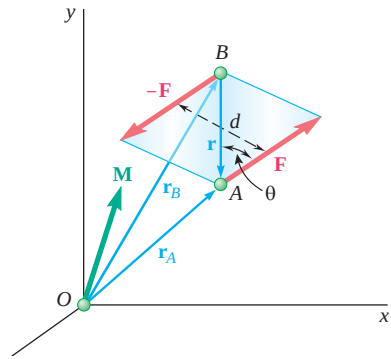


زوج نیرو یا کوپل

دو نیروی F و-F که دارای بزرگی یکسان و خطوط اثر موازی بوده و در دو سمت مخالف عمل می‌کنند اصطلاحاً یک زوج نیرو را تشکیل می‌دهند. بدیهی است که برآیند دو نیروی مذکور، مساوی صفر می‌باشد. اگرچه مجموعه گشتاورهای دو نیرو حول یک نقطه معلوم مساوی صفر

نیست. دو نیرو با وضعیتی که برای آنان توصیف شد باعث حرکت انتقالی جسم نمی‌گردند بلکه سعی می‌کنند جسم را به دوران درآورند.





اگر بردارهای موقعیت F و -F را به ترتیب با نمادهای r_B, r_A نمایش دهیم ملاحظه خواهیم کرد که مجموع گشتاورهای دو نیرو حول O عبارت است از:

$$r_A \times F + r_B \times (-F) = (r_A - r_B) \times F$$

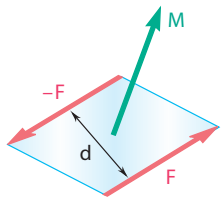
چون $r = r_A - r_B$ بردار متصل‌کننده نقاط اثر دو نیرو است، نتیجه می‌گیریم که مجموع گشتاورهای F و -F حول محور O به صورت بردار زیر نشان داده می‌شود.

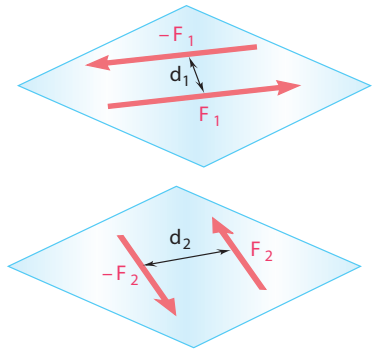
$$M = r \times F$$

بردار M گشتاور زوج نیرو یا گشتاور کوپل نامیده می‌شود و برداری است که بر صفحه حاوی دو نیرو عمود بوده و بزرگی آن مساوی است با:

$$M = rF\sin\theta = Fd$$

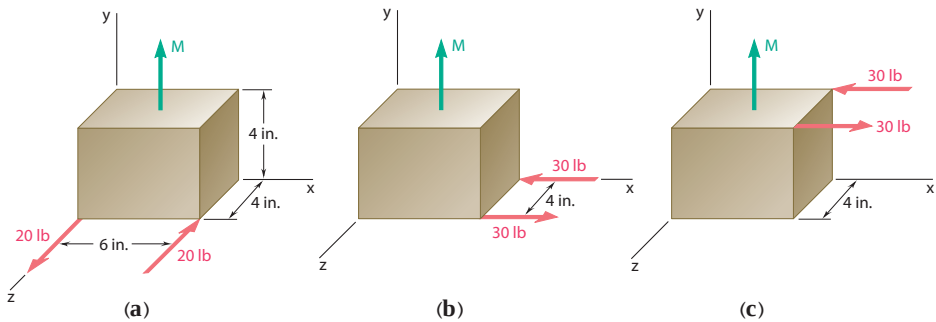
در این رابطه d فاصله عمودی بین خطوط اثر F و -F است . جهت M به وسیله قانون دست راست مشخص می‌شود. چون بردار r به انتخاب مبدأ مختصات یعنی نقطه O بستگی ندارد، متوجه می‌شویم که اگر گشتاورهای F و -F حول نقطه متفاوتی مثل O' محاسبه شوند، نتیجه مشابهی به‌دست می‌آمد، لذا M یعنی گشتاور کوپل یک بردار آزاد است که می‌تواند در هرنقطه‌ای اعمال شود.





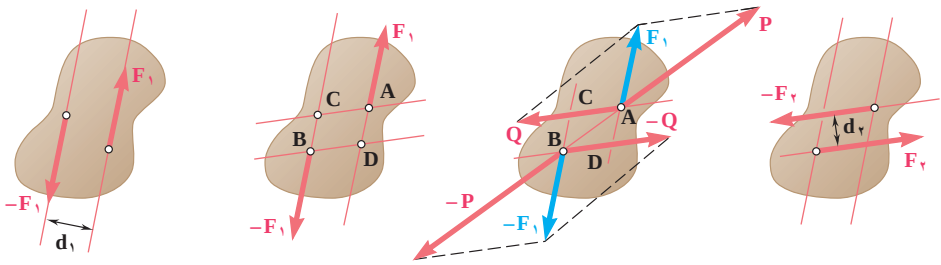
کوپل‌های معادل

سه کوپل نشان داده شده در شکل‌های زیر که با سه وضعیت متفاوت و یک جعبه مکعب مستطیل اعمال می‌شود را در نظر بگیرید. تنها حرکتی که یک کوپل می‌تواند در یک جسم صلب به‌وجود آورد یک حرکت دورانی است. چون هر یک از سه کوپل نشان داده شده دارای گشتاور مساوی برابر ۱۲۰ پوند اینچ است، می‌توان انتظار داشت هر سه، اثر مشابهی بر جعبه داشته باشند.



سیستم‌های نیرویی در صورتی معادل هستند که بتوانیم یکی از آنها را به کمک یک یا چند عملیات زیر به دیگری تبدیل کنیم.

۱ جایگزین کردن دو نیروی وارد بر یک ذره مشترک با برآیند آن دو نیرو
۲ تجزیه یک نیرو به دو مؤلفه آن
۳ حذف کردن دو نیروی مساوی و مخالف وارد بر یک ذره مشترک
۴ اعمال دو نیروی مساوی و مخالف و یک ذره مشترک
۵ انتقال یک نیرو در امتداد خط اثرش



جمع گشتاورها

دو صفحه متقاطع P_1 و P_2 و دو کوپل که به ترتیب در P_1 و P_2 عمل می‌کنند را در نظر بگیرید. بدون دور شدن از کلیات می‌توانیم فرض کنیم که کوپل واقع در P_1 شامل دو نیروی F_1 و $-F_1$ می‌گردد. نیروهایی که بر فصل مشترک دو صفحه عمود بوده و به ترتیب بر نقاط A , B اعمال می‌شوند و به همین شکل فرض می‌کنیم که کوپل واقع در صفحه P_2 شامل دو نیروی F_2 و $-F_2$ باشد. این دو نیرو نیز بر AB عمود بوده و به ترتیب بر نقاط A , B اعمال می‌شود. واضح است که R برآیند دو نیروی F_1 و F_2 و $-R$ برآیند دو نیروی $-F_1$ و $-F_2$ تشکیل یک کوپل می‌دهند. اگر بردار متصل کننده A به B را با حرف r نمایش دهیم و تعریف گشتاور کوپل را به‌خاطر آوریم، گشتاور کوپل‌های حاصل به‌صورت زیر به‌دست خواهد آمد.

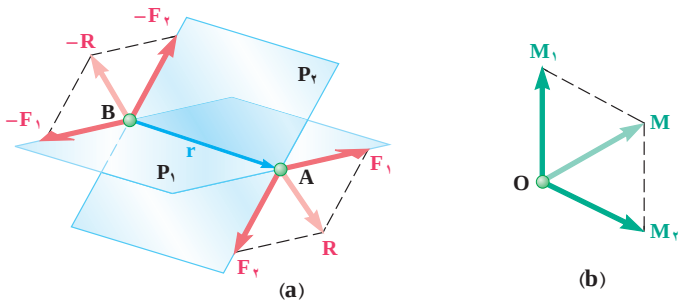
$$M = r \times R = r \times (F_1 + F_2)$$

ضمناً با استفاده از قضیه وارینیون خواهیم داشت:

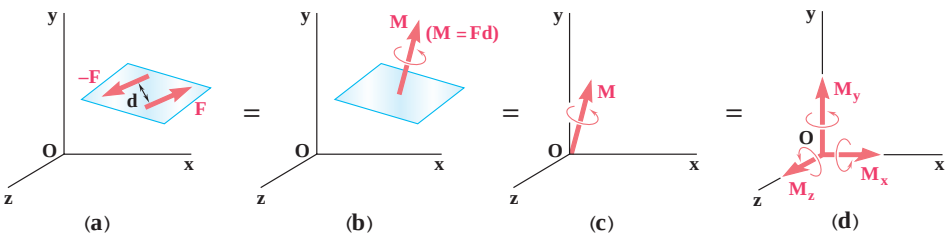
$$M = r \times F_1 + r \times F_2$$

$$M = M_1 + M_2$$

نتیجه می‌گیریم که مجموع دو کوپل با گشتاورهای M_1 و M_2 خود یک کوپل است با گشتاور M. این گشتاور مساوی جمع برداری دو گشتاور M_1 و M_2 می‌باشد .



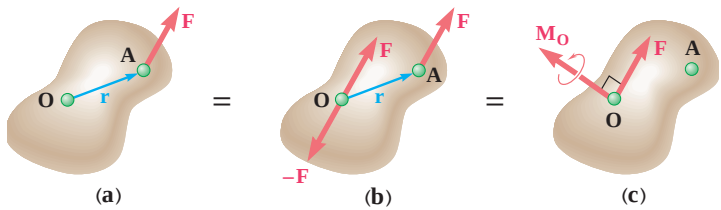
کوپل را می‌توان با یک بردار نمایش داد.کوپل‌هایی که دارای گشتاور مساوی هستند چه در یک صفحه مشترک و یا در صفحات موازی عمل کنند کوپل‌های معادل نامیده می‌شوند. بنابراین برای تعیین اثر یک کوپل معلوم بر یک جسم صلب احتیاجی نیست که نیروهای واقعی تشکیل دهنده آن را ترسیم کنیم.



کافیست پیکانی رسم کنیم که از نظر بزرگی و جهت نشان دهنده M و گشتاور کوپل باشد.

تجزیه یک نیروی معلوم به یک نیروی واقع درنقطه o و یک کوپل.

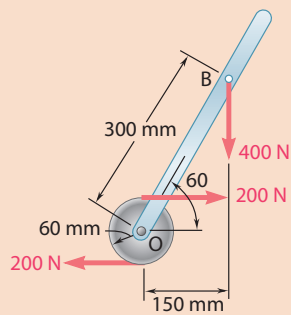
چنانچه به دلایلی بخواهیم در شکل‌های زیر نیروی F درنقطه o وارد شود، واضح است که می‌توانیم از اصل قابلیت انتقال استفاده کرد. اما نمی‌توانیم آن را به سمت نقطه o حرکت دهیم بنابراین باید دو نیروی مساوی و مختلف‌الجهت در نقطه o اعمال کرد و خواهیم داشت:



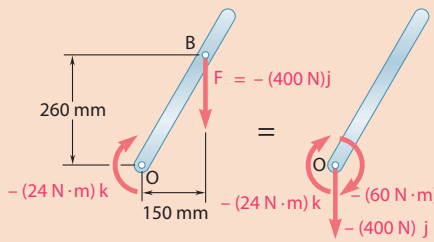
نتیجه آنکه هر نیرو را می‌توان به یک نقطه دلخواه انتقال داد، مشروط بر آنکه یک کوپل یا گشتاور مساوی با گشتاور نیرو حول نقطه دلخواه را به سیستم اضافه نمود.

مثال

در شکل زیر سیستم نیروها را به یک کوپل و یک نیرو درنقطه o جایگزین نمایید.



$$M_o = \overrightarrow{OB} \times F = [(۰/۱۵۰m)i + (۰/۲۶۰m)j] \times (-۴۰۰N)j = -(۶۰N.m)k$$

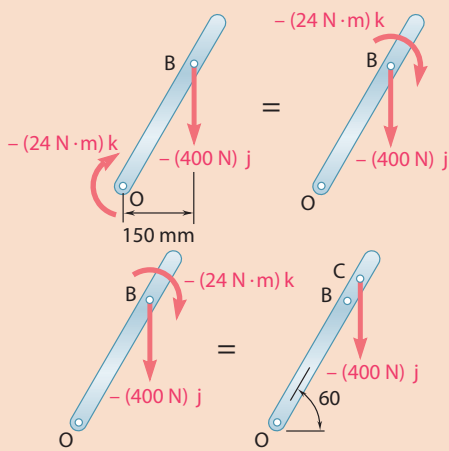


$$-(۸۴\text{N.m})\mathbf{k} = \overrightarrow{OC} \times \mathbf{F}$$

$$= [(OC)\cos ۶۰^\circ \mathbf{i} + (OC)\sin ۶۰^\circ \mathbf{j}] \times (-۴۰۰\text{N})\mathbf{j}$$

$$= -(OC)\cos ۶۰^\circ (۴۰۰\text{N})\mathbf{k}$$

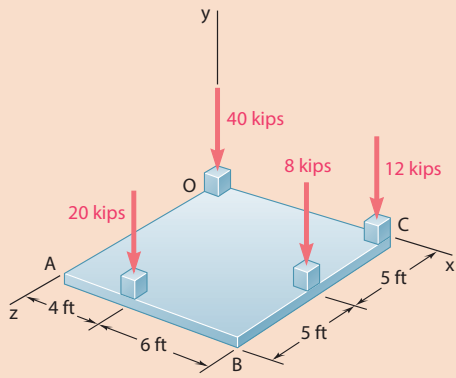
$$(OC)\cos ۶۰^\circ = ۰/۲۱۰\text{m} = ۲۱۰\text{mm} \qquad OC = ۴۲۰\text{mm}$$

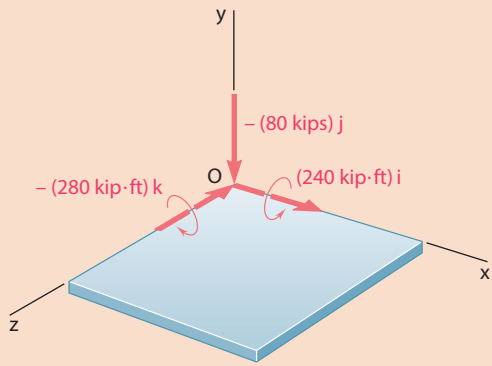


این نیرو در چه نقطه‌ای واقع شود که در آن کوپل وجود نداشته باشد.

مثال

قطعه پی بتنی مربع شکل مطابق شکل زیر وزن چهار ستون را تحمل می‌کند. مطلوب است محاسبه بزرگی و اثر برآیند چهار بار اعمال شده.





$$R = \sum F \qquad M_o^R = \sum (r \times F)$$

r, ft	F , kips	r × F, kip.ft
۰ ۱۰i ۱۰i + ۵k ۴i + ۱۰k	–۴۰j –۱۲j –۸j –۲۰j	۰ –۱۲۰k ۴۰i – ۸۰k ۲۰۰i – ۸۰k
	R = –۸۰j	$M_o^R = ۲۴۰i - ۲۸۰k$

$$r \times R = M_o^R$$

$$(xi + zk) \times (-۸۰j) = ۲۴۰i - ۲۸۰k$$

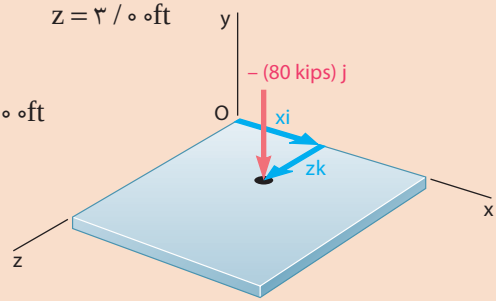
$$-۸۰xk + ۸۰zi = ۲۴۰i - ۲۸۰k$$

$$-۸۰x = -۲۸۰ \qquad ۸۰z = ۲۴۰$$

$$x = ۳/۵۰ ft \qquad z = ۳/۰۰ ft$$

$$R = ۸۰ kips \downarrow$$

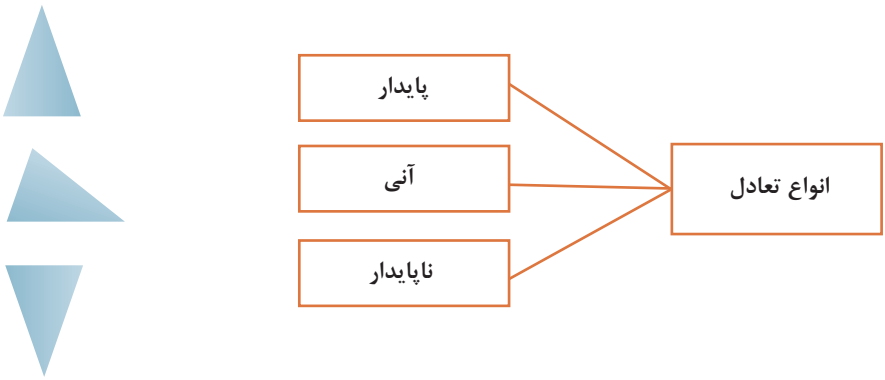
$$at\ x = ۳/۵۰ ft, z = ۳/۰۰ ft$$



پودمان ۲

بررسی تعادل اجسام

تعادل



مفهوم تعادل یا سکون آن است که ذره و یا جسم ماده حرکتی نداشته باشد. منظور از عدم وجود حرکت آن است که ذره و یا جسم مادی در طی زمان از نقطه‌ای به نقطه دیگر جابه‌جا نشود. در بسیاری از موارد تعادل یا سکون اجسام مطلوب است و هرگونه حرکتی مطلوب نیست و ممکن است زیان‌آور نیز باشد؛ مثلاً یک ساختمان و یا یک سد که بر روی رودخانه بسته شده باید دائماً درحال تعادل باشد و حرکت آن ضایعاتی را به بار خواهد آورد. البته تعادل از دیدگاه مهندسی دارای مفهوم نسبی است. حرکت جسم ممکن است آنقدر ناچیز و کوچک باشد که زیانی به‌بار نیاورد یا اصولاً حس نشود. ساختمان و یا سدی که به‌عنوان مثال ذکر شد هرکدام دارای حرکات بسیار کوچک هستند و این حرکات محسوس نمی‌باشد. تعادل و سکونی که مفهوم آن در اینجا مورد بحث است عبارت است از عدم وجود حرکت جسم به‌صورت یک جسم صلب و غرض از آن عدم جابه‌جا شدن و یا دوران جسم در فضا می‌باشد. قبل از آنکه به‌بحث در مورد شرایط تعادل و قوانین حاکم بر اجسام ساکن بپردازیم لازم است ابتدا چند مفهوم عمومی را از نظر مکانیک مهندسی روشن کنیم.

جسم آزاد

یکی از مفاهیم اصلی در مکانیک مهندسی که دارای کاربردها و اهمیت زیادی است مفهوم جسم آزاد است. وقتی صحبت از تعادل و یا حرکت دستگاه و یا سیستمی می‌شود باید قبلاً خود آن دستگاه یا سیستم تعریف شده باشد. در دنیای فیزیکی اجسام به یکدیگر نیروهایی وارد می‌کنند و علاوه بر آن به هر جسم و یا ذره نیروهایی از طرف محیط اطرافش وارد می‌شود. برای آنکه تعادل و یا حرکت جسم را مورد مطالعه قرار دهیم باید ابتدا آن جسم را مشخص نماییم و معلوم کنیم که اثر محیط خارج بر روی آن جسم چیست؟ این عمل را در تخیل و یا بر روی صفحه کاغذ می‌توان

انجام داد؛ مثلاً می‌توان شکلی از جسم را ترسیم کرد و اثر محیط خارج را به‌صورت نیروهای وارد بر آن قرارداد. بنا به‌تعریف سیستمی که با این ترتیب تعریف و مشخص می‌شود جسم آزاد مربوط به آن سیستم می‌گویند تصویری که از سیستم و اثرات محیطی وارد و آن صفحه ترسیم می‌شود را نیز نمودار جسم آزاد می‌نامند.

تعادل ذره مادی

شرط تعادل ذره یا نقطه مادی آن است که:

$$\Sigma F_x = ۰ \qquad \Sigma F_y = ۰ \qquad \Sigma F_z = ۰$$

بنابراین ابتدا پس از ترسیم نمودار آزاد جسم با حل معادلات فوق می‌توان تعادل جسم را بررسی نمود.

روش‌های حل مسائل تعادل نقطه مادی

۱ ترسیمی
۲ تجزیه
۳ حل مثلث
۴ نرم افزار
۵ روابط ساده شده

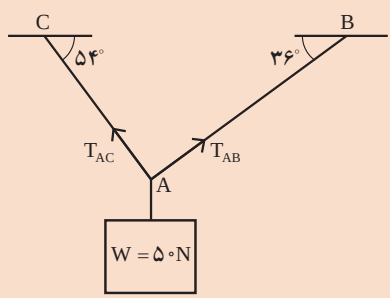
۱ــ روش ترسیمی

هر مثلث با معلوم بودن دو زاویه و ضلع بین و یا دو ضلع و زاویه بین آنها و یا سه ضلع مشخص بوده و قابل ترسیم است، از طرفی چون سیستم درحال تعادل است لذا سه نیرو تشکیل یک مثلث بسته می‌دهند.

برای بررسی تعادل در این روش به کمک نرم‌افزار اتوکد و با داشتن معلومات مسئله می‌توان مثلث نیروها را ترسیم نمود و سپس از روی شکل مجهولات مسئله را اندازه‌گیری کرد.

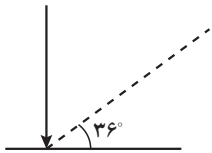
مثال

کشش کابل‌های AB و AC را به‌دست آورید.

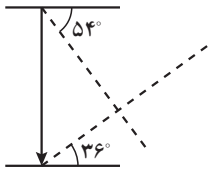


۱ برای ترسیم مثلث نیروها ابتدا نیروی معلوم (در اینجا W) را با توجه به راستا و اندازه آن ترسیم می‌کنیم.

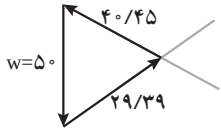
۲ از انتهای آن، ابتدا یکی از نیروهای مجهول را با طول دلخواه و زاویه مشخص شده رسم می‌کنیم.

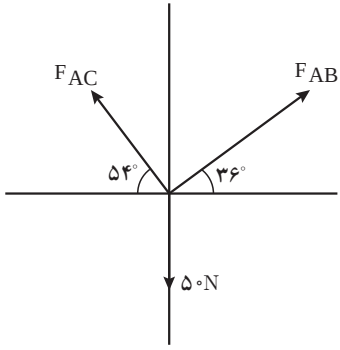


۳ از ابتدای نیروی معلوم نیروی مجهول دوم را با توجه به راستای آن به‌طول دلخواه رسم می‌کنیم. به‌طوری که امتداد نیروی اول را قطع نماید.



۴ با اندازه‌گیری دو ضلع مثلث مقادیر نیروهای مجهول به دست می‌آیند.





۲ـ روش تجزیه

به کمک تجزیه و تشکیل معادلات تعادل می‌توان مجهولات مسئله را محاسبه نمود برای مثال قبل داریم:

$$\sum F_x = ۰ \Rightarrow F_{AB}\cos ۳۶ - F_{AC}\cos ۵۴$$

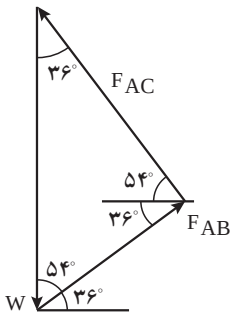
$$\sum F_y = ۰ \Rightarrow F_{AB}\sin ۳۶ + F_{AC}\sin ۵۴ - w = ۰$$

با حل معادلات $\Rightarrow F_{AB} = ۲۴ \times ۳۴N$

$$F_{AC} = ۴۰ \times ۴۵N$$

۳ـ حل مثلث

ابتدا مثلث نیروها را به‌صورت شماتیک، با توجه به زوایای امتداد اضلاع آن ترسیم می‌کنیم. سپس



معلومات مسئله شامل اندازه و زوایا را در شکل مشخص می‌کنیم. با استفاده از رابطه سینوس‌ها و یا کسینوس‌ها می‌توانیم مجهولات مسئله را به‌دست آوریم. برای مثال قبل داریم:

$$\frac{F_{AB}}{\sin ۳۶} = \frac{F_{AC}}{\sin ۵۴} = \frac{w}{\sin(۳۶+۵۴)}$$

$$F_{AB} = \frac{w \times \sin ۳۶}{\sin(۳۶ \quad ۵۴)} = ۲۴/۳۴N$$

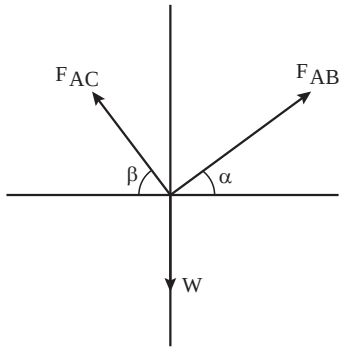
$$F_{AC} = \frac{w \times \sin ۵۴}{\sin(۳۶ \quad ۵۴)} = ۴۰/۴۵N$$

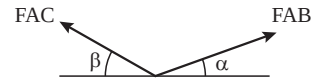
۴ـ حل به کمک نرم‌افزار

در مثال کتاب با استفاده از نرم‌افزار SAP نمونه‌ای از این نوع توضیح داده شده است با پیگیری مراحل آن می‌توانید این مثال را نیز حل نمایید.

۵ـ روابط ساده شده

اگر پیکره آزاد جسم را ترسیم کنیم و روابط تعادل را به‌کار ببریم، خواهیم داشت.





$$F_{AB} = \frac{w \cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$$

$$F_{AC} = \frac{w \cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}$$

روابط فوق را می‌توان به‌صورت زیر به‌دست آورد.

$$\Sigma F_x = ۰ \Rightarrow F_{AB}\cos\alpha - F_{AC}\cos\beta = ۰ \qquad I$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_{AB}\sin\alpha + F_{AC}\sin\beta - w = 0 \qquad II$$

$$F_{AC} = \frac{F_{AB}\cos\alpha}{\cos\beta} \qquad III$$

از رابطه I رابطه II بدست می‌آید.

در رابطه II جاگذاری می‌کنیم.

$$F_{AB}\sin\alpha + \frac{F_{AB}\cos\alpha}{\cos\beta}\times\sin\beta = w$$

$$\frac{F_{AB}\sin\alpha\cos\beta + F_{AB}\cos\alpha\sin\beta}{\cos\beta} = w$$

$$\frac{F_{AB}(\sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta)}{\cos\beta} = w$$

$$F_{AB} = \frac{w\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$$

$$F_{AC} = \frac{w\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$$

در رابطه II داریم

چون $\cos\beta = \sin\alpha$ است.
روابط فوق به‌صورت زیر نیز نوشته می‌شود.

$$F_{AB} = \frac{w\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}$$

$$F_{AC} = \frac{w\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$$

که همان روابط سینوس‌ها هستند.

تعادل اجسام

الف) شرایط تعادل در صفحه

$$\Sigma F_x = 0 \qquad \Sigma_o = \Sigma(r \times F) = 0$$

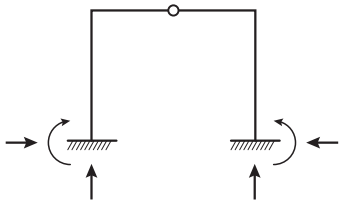
ب) شرایط تعادل در فضا

$$\Sigma F_x = 0 \qquad \Sigma F_y = 0 \qquad \Sigma F_z = 0$$
$$\Sigma M_x = 0 \qquad \Sigma M_y = 0 \qquad \Sigma M_z = 0$$

با حل این معادلات مجهولات مسئله حاصل می‌شود. در حالت صفحه‌ای همواره سه معادله سه تعادل وجود دارد که از آن در مسائل بهره‌گیری می‌شود درصورتی که تعداد مجهولات بیشتر از تعداد معادلات باشند مسئله از نظر استاتیکی نامعین می‌شود و بسته به تعداد مجهولات درجه نامعینی آنها تعیین می‌شود و اگر تعداد مجهولات کمتر از تعداد معادلات باشد سیستم ناپایدار خواهد بود. نکته مهم آن است که با وجود این موارد باید ناپایداری هندسی سیستم نیز کنترل شود.

در شکل‌های زیر چند مثال آمده است که درجه نامعینی هر یک مشخص شده است.

تعداد مجهولات = ۴-
معادلات استاتیکی = ۳
درجه نامعینی = ۴-۳=۱ یک درجه نامعین

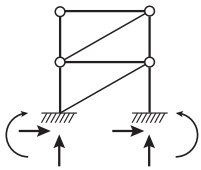


تعداد مجهولات = ۶

معادلات استاتیکی = ۳
درجه نامعینی = ۱
⇒ ۴

درجه نامعین = ۶ − ۴ = ۲

نکته

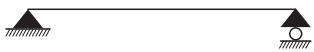


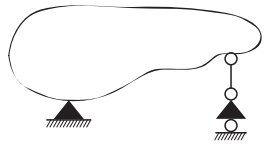
مفصل داخلی یک معادله شرطی به معادلات تعادل استاتیکی اضافه ایجاد می‌کند.

پایداری سازه‌ها

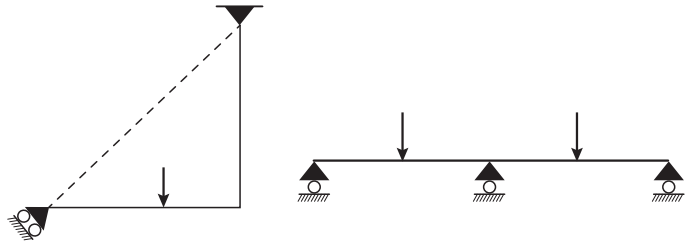
الف) پایداری خارجی

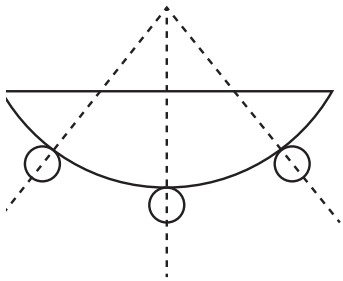
ساده‌ترین روش تثبیت یک سازه با استفاده از یک تکیه‌گاه لولایی و یک تکیه‌گاه غلتکی صورت می‌پذیرد. بنابراین برای پایداری خارجی یک سازه حداقل سه واکنش تکیه‌گاهی لازم است این شرط لازم بوده اما کافی نیست و باید پایداری سازه از نظر هندسی نیز کنترل گردد.



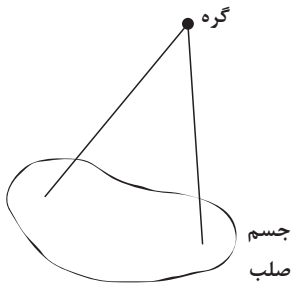


به‌عنوان مثال شکل زیر دارای حداقل تکیه‌گاه لازم می‌باشد. ولی پایدار نیست زیرا در اثر نیروی افقی به‌راحتی سازه حرکت نموده و برخلاف تعریف تعادل از موضع خود دور می‌شود.



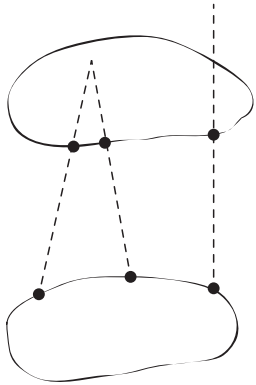


در سازه شکل روبه‌رو چون عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی در یک نقطه متقارب هستند، در اثر اعمال نیروی خارجی به‌راحتی دوران می‌نماید.



قوانین پایدارسازی سازه‌ها

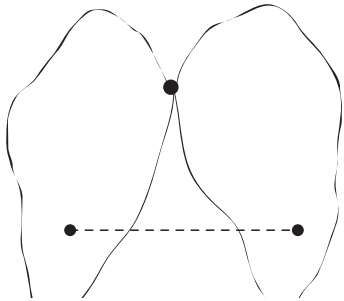
۱ جهت پایدارسازی یک جسم صلب و یک گره حداقل دو میله که هم امتداد نباشند لازم است.



۲ ترکیب دو جسم صلب (پایدارسازی دو جسم صلب)

الف) حداقل سه میله غیرموازی و غیرمتقارب لازم می‌باشد.

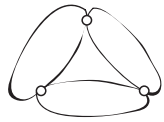
ب) یک میله و یک مفصل به‌طوری که محور میله از مفصل عبور نکند.

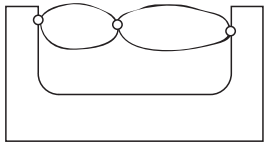


ج) توسط یک اتصال صلب

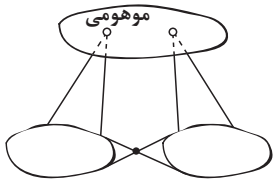
۳ پایدارسازی سه جسم صلب

الف) توسط سه مفصل که در یک امتداد نیستند.





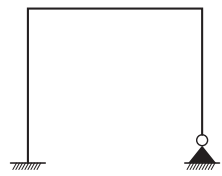
ب) توسط ۶ میله که هر دو میله دو جسم صلب را به‌هم متصل می‌کنند و مفصل موهومی آنها در یک امتداد نباشند.

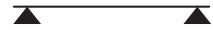


ب) پایداری داخلی

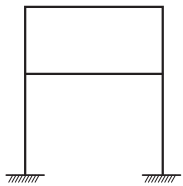
انواع سازه به دودسته باز و مسدود یا حلقوی به شرح ذیل تقسیم‌بندی می‌شود:

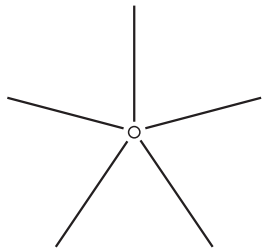
سازه‌های باز





سازه‌های مسدود یا حلقوی





روابط شرطی

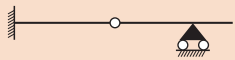
۱ مفصل داخلی مطابق رابطه زیر معادلات شرطی ایجاد می‌نماید.

$$\text{تعداد معادلات شرطی} = m - ۱$$
تعداداعضا

۲ غلتک داخلی که همواره دو رابطه شرطی ایجاد می نماید.

مثال

پایداری و ناپایداری داخلی سازه‌های زیر را تعیین کنید:



مفصل داخلی

۴= تعداد مجهولات

عضو / عضو

۲-۱=۱

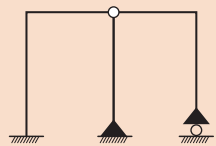
۳ = تعداد روابط ایستایی

۱ = تعداد روابط شرطی

۴ = تعداد روابط

۴ = مجهولات

سازه پایدار است ⇒ برای هر سازه باید پایداری هندسی جداگانه بررسی شود.

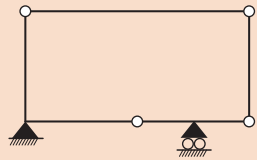


۶ = مجهولات

۵ = ۲ + ۳ = روابط

شرطی استاتیکی

درجه یک نامعین ۱ = ۵ - ۶



مجهولات = ۳ + ۳ = ۶

یک کادر بسته تکیه‌گاه

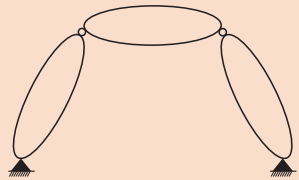
روابط = ۳ + ۴ = ۷

مفصل داخلی استاتیکی

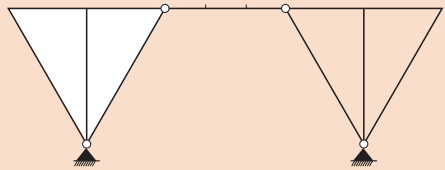
ناپایدار ۱ = ۶ - ۷

مثال

در مورد پایداری و ناپایداری سازه زیر بحث کنید.



ولی اگر سازه را به‌صورت زیر درنظر بگیریم ترکیب ناپایدار سه جسم صلب توسط دو مفصل می‌باشد. که سازه ناپایدار است.



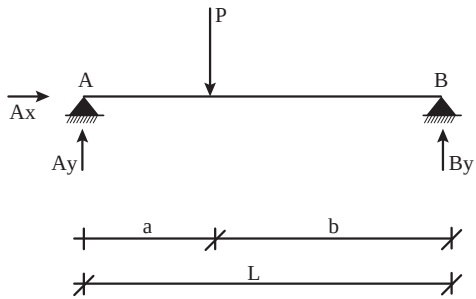
تعداد مجهولات = ۴ + ۴ × ۳ = ۱۶

تکیه‌گاهی کادر بسته ⟹ نامعین ۹ = ۷ - ۱۶

معلومات = ۳ + ۴ = ۷

استاتیکی مفصل داخلی

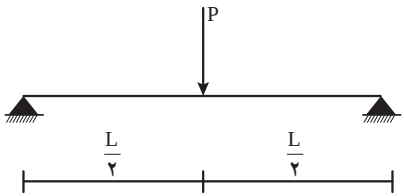
روابط زیر برای تعیین عکس‌العمل‌های تیر تحت بار متمرکز می‌تواند مفید باشد.



$$\begin{cases} A_y = \dfrac{pb}{L} \\ B_y = \dfrac{pa}{L} \end{cases}$$

عدم وجود نیرو $A_x = ۰$

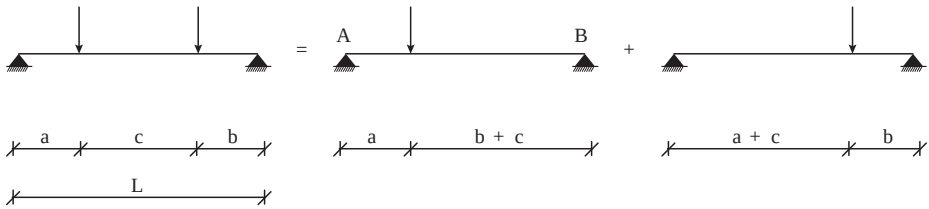
۱ـ استفاده از تقارن



$$Ay = \frac{p}{۴}$$

$$By = \frac{p}{۴}$$

۲ـ استفاده از اصل جمع آثار قوا (سوپرپوزیشن)

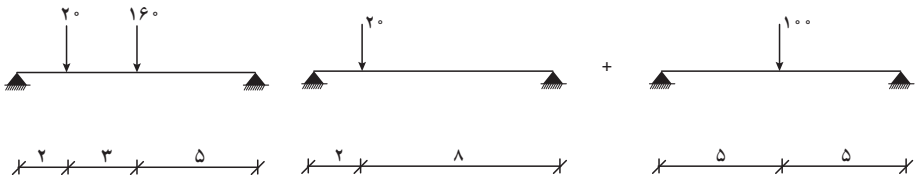


$$Ay_۱ = \frac{p(b+c)}{L} \qquad Ay_۲ = \frac{pb}{L}$$

$$By_۱ = \frac{pa}{L} \qquad By_۲ = \frac{p(a+c)}{L}$$

$$\text{کل } Ay = Ay_۱ + Ay_۲ = \frac{p(b+c)}{L} + \frac{pb}{L}$$

$$\text{کل } By = By_۱ + By_۲ = \frac{pa}{L} + \frac{p(a+c)}{L}$$



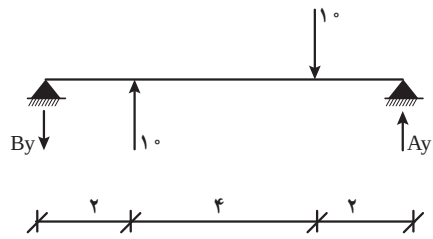
$$Ay = \frac{20 \times 8}{10} = 16 \qquad \text{تقارن } Ay = \frac{100}{2} = 50$$

$$By = \frac{20 \times 2}{10} = 4 \qquad By = \frac{100}{2} = 50$$

$$\text{کل } Ay = 16 + 50 = 66$$

$$\text{کل } By = 4 + 50 = 54$$

۳ـ کوپل‌های معادل (تقارن معکوس)



$$10 \times 4 = x \times 8$$

$$Ay = By = 5$$

نکته

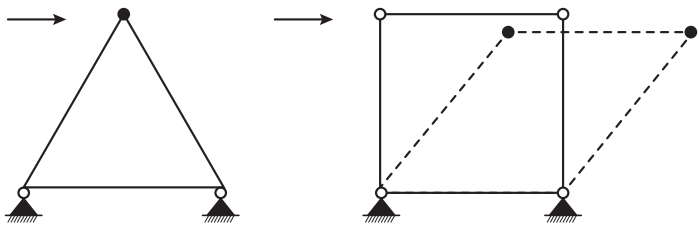
در تقارن مستقیم، هم‌جهت و هم اندازه آنها با هم برابر است اما در تقارن معکوس مقادیر عکس‌العمل‌ها با هم برابر و جهت آنان مخالف هم می‌باشند.

پودمان ۳

تحلیل سازه‌های ساختمانی

خرپا

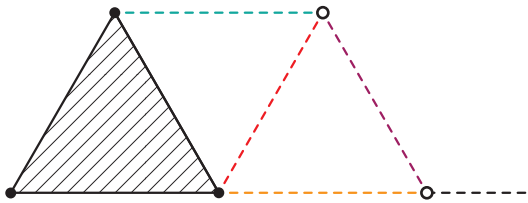
به‌مجموعه‌ای از اعضا که ترکیب آنها یک شبکه مثلثی را ایجاد می‌کند و در انتهای خود به دیگر اعضا لولا شده‌اند خرپا گویند. با توجه به شکل زیر، هندسه مثلثی پایدارترین حالت خواهد بود.



نحوه تشکیل خرپا

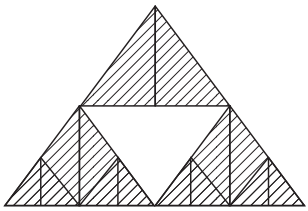
۱ـ خرپای صفحه‌ای ساده

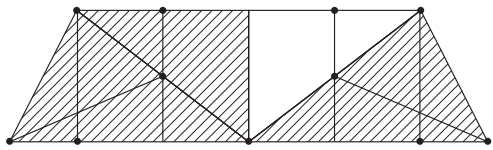
از متصل نمودن سه عضو با اتصال مفصلی به یکدیگر حاصل می‌شود و با هر بار اضافه نمودن دو عضو و یک گره جدید توسعه می‌یابد؛ این نوع خرپاها را خرپاهای ساده می‌گویند.



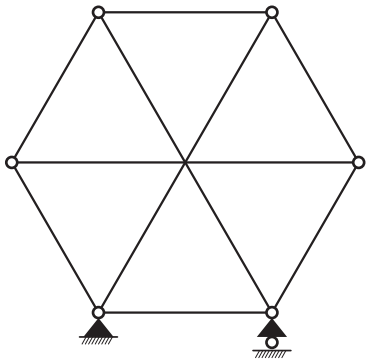
۲ـ خرپای صفحه‌ای مرکب

از اتصال دو یا چند خرپای ساده خرپای مرکب ایجاد می‌شود و می‌تواند با سه عضو غیرموازی و غیرمتقاطع یا یک گره و یک عضو یا یک خرپای اتصال‌دهنده و یا چند مفصل به یکدیگر ارتباط پیدا نمایند.





۳ـ سه خرپای مبهم که جزء هیچ‌کدام نمی‌باشد.



فرضیات اولیه تحلیل خرپا

در خرپاهای ایده‌آل شرایط زیر برقرار است:

۱ اعضای خرپا در انتهای خود لولا شدند.

۲ اعضای خرپا مستقیم می‌باشند.

۳ تغییر شکل‌های خرپا درحدی نیستند که شکل هندسی و ابعاد خرپا را دچار تغییرات محسوس نمایند.

۴ نیروهای خارجی وارد بر خرپا باید به گره‌های خرپا وارد شوند.

هرگاه شرایط فوق مهیا باشد در اعضای خرپا لنگر خمشی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌شود و به آن خرپای ایده‌آل می‌گویند.

روش‌های تحلیل خرپا

۱ روش مفاصل

۲ روش مقاطع

۳ روش‌های خاص خرپاهای مبهم

۴ استفاده از نرم‌افزار SAP

روش مفاصل

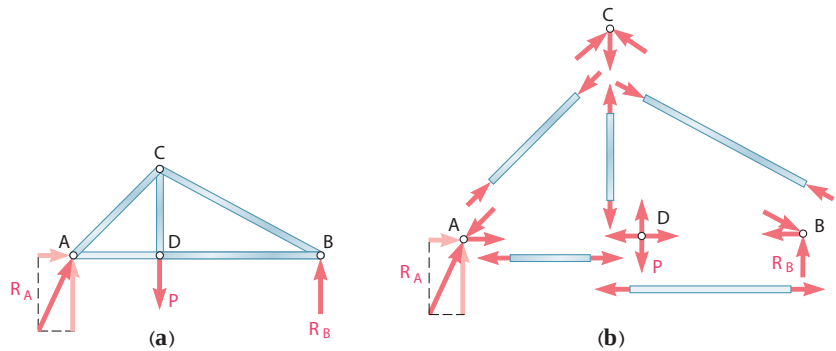
در خرپای ایده‌آل نیروهای داخلی اعضای خرپا به‌صورت کششی و یا فشاری خواهد بود که طبق قرارداد، کششی را مثبت و فشاری را منفی درنظر می‌گیرند.

فلسفه تحلیل خرپا در این روش از آنجا ناشی می‌شود که چون کل سیستم خرپا درحال تعادل است لذا باید هر جزء آن نیز شرایط تعادل را دارا باشد.

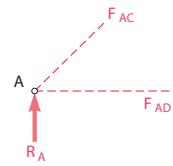
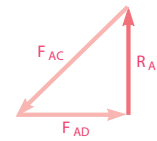
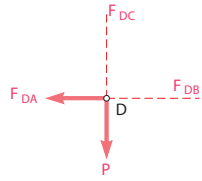
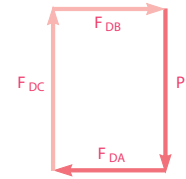
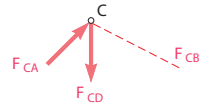
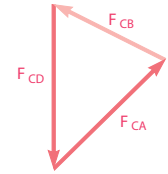
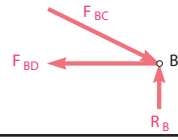
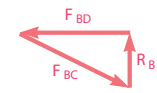
در این روش برای تحلیل هرگره دو معادله تعادل زیر را خواهیم داشت. لذا از گِرهی شروع به تحلیل می‌نماییم که بیش از دو مجهول در آن وجود نداشته باشد.

$\Sigma F_x = ۰$ $\Sigma F_y = ۰$

به عنوان نمونه در خرپای زیر داریم:

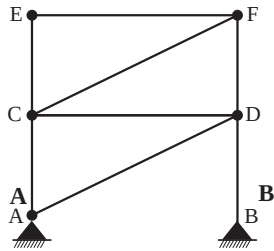


در این روش برای تحلیل خرپای فوق پس از محاسبه عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی ابتدا از گره A یا گره B شروع به تحلیل نموده و مجهولات به‌دست آمده از این گره‌ها را به گره‌های دیگر اعمال می‌نماییم. گره بعدی بهتر است گره D باشد چراکه با تحلیل گره‌های A یا B تحلیل این گره راحت‌تر است و در نهایت با تحلیل گره A یا B همه مجهولات مسئله محاسبه شده و تحلیل خرپا پایان یافته است.

	نمودار جسم آزاد	کثیرالاضلاع نیرو
گرهٔ A		
گرهٔ D		
گرهٔ C		
گرهٔ B		

نکته

در روش مفصل ابتدا باید عکس‌العمل را محاسبه نمود. البته در بعضی از خرپاها می‌توان با حل مفاصل هم‌زمان عکس‌العمل‌ها را نیز محاسبه نمود، مانند شکل زیر:



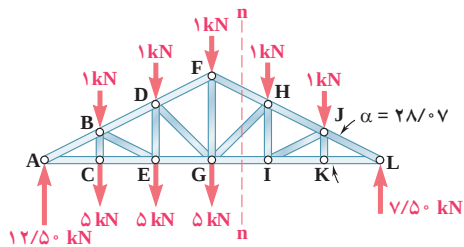
$$E \rightarrow F \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow A$$

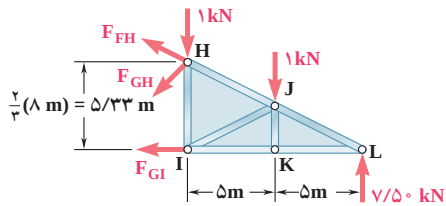
روش مقاطع

در این روش خرپا را در مسیرهای خاصی برش زده و سپس به‌کمک تشکیل معادله تعادل لنگر حول نقاط خاصی که بیش از یک مجهول در معادله نباشد، مجهولات مسئله محاسبه می‌شود. این روش نسبت به‌روش مفاصل احتیاج به تمرین و تجسم بالایی دارد و سریع‌تر به جواب می‌رسد. همچنین از این روش می‌توان به‌منظور تحلیل اعضای خاصی از خرپا استفاده نمود، مانند مثال زیر:

در خرپای شکل زیر مطلوب است تحلیل اعضای FH, GH, GI .

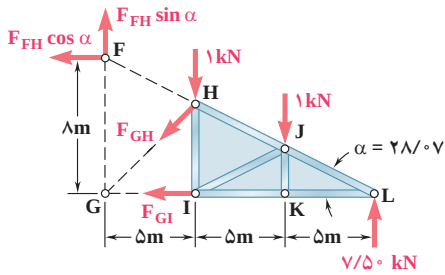
$$\tan\alpha = \frac{FG}{GL} = \frac{8m}{15m} = 0/5333 \qquad \alpha = 28/07^\circ$$





$$+\uparrow \Sigma M_H = ۰: \quad (۷/۵۰\,kN)(۱۰\,m) - (۱kN)(۵m) - F_{GI}(۵/۳۳m) = ۰$$

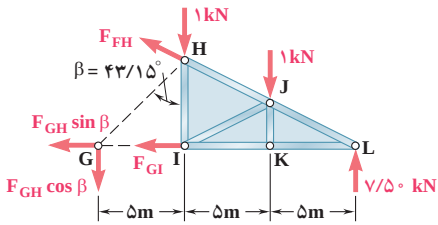
$$F_{GI} = +۱۳/۱۳kN \qquad F_{GI} = ۱۳/۱۳kN\ T$$



$$+\uparrow \Sigma M_G = ۰:$$

$$(۷/۵۰kN)(۱۵m) - (۱kN)(۱۰m) - (۱kN)(۵m) + (F_{FH}\cos\alpha)(۸m) = ۰$$

$$F_{FH} = -۱۳/۸۱kN \qquad F_{FH} = ۱۳/۸۱kN\ C$$



$$+\uparrow \Sigma M_L = ۰$$

$$(۱kN)(۱۰m) + (۱kN)(۵m) + (F_{GH}\cos\beta)(۱۵m) = ۰$$

$$F_{GH} = -۱/۳۷۱kN \qquad F_{GH} = ۱/۳۷۱kNC$$

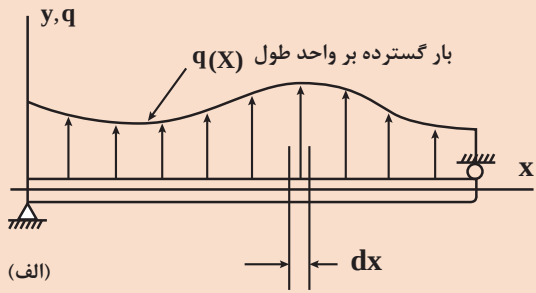
تحلیل تیرها

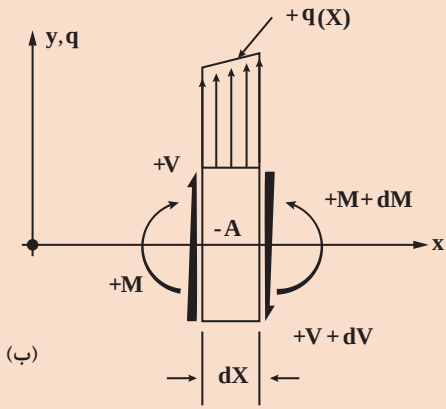
نیروهای داخلی در تیرها شامل نیروی برشی و لنگر خمشی می‌باشد ولی چنانچه به‌عنوان تیر ستون استفاده شود شامل نیروی محوری نیز می‌گردد.

تحلیل تیر در حالت کلی با مقطع زدن در نواحی مختلف و تعیین معادلات برش و خمش و ترسیم آنها در سیستم مختصات متعامد نمودار برش و خمش تیر حاصل می‌شود.

مثال

مطلوب است رسم نمودار تغییرات نیروی برشی و لنگر خمشی برای تیر زیر :





رسم نمودار نیروی برشی به روش جمع زدن

به جای استفاده از روش مستقیم مقطع زدن تیر و تعیین معادلات برش و خمش در آن مقطع با استفاده از معادلات تعادل یک قطعه کوچک از تیر، روش مؤثر دیگری را می‌توان برای رسم نمودارهای نیروی برشی و لنگر خمشی برقرار نمود.

مطابق شکل صفحه بعد قطعه‌ای به طول d_x از تیر را درنظر بگیرید که توسط دو مقطع عمود بر محور از تیر اصلی جدا شده است. نمودار جسم آزاد این قطعه در شکل دیده می‌شود. تمام نیروها شامل خارجی و داخلی روی آن نشان داده شده‌اند که در جهت مثبت می‌باشند. چون در حالت کلی مقدار نیروی برشی و لنگر خمشی در مقطع سمت چپ و راست این قطعه متفاوت‌اند، فرض

می‌کنیم که اگر در مقطع سمت چپ برای این نیروها مقادیر M و V را داشته باشیم، در مقطع سمت راست هر دوی این نیروها وجود داشته و مساوی V + dv و M + dM می‌گردند.
خواهیم داشت:

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad , \quad V + qdx - (V + dV) = 0 \qquad \frac{dv}{dx} = q$$

از شرط تعادل لنگرها حول آن به‌دست می‌آوریم:

$$+\uparrow \Sigma M_A = 0 \quad , \quad (M + dM) - M - (V + dV)dx + qdx\frac{dx}{2} = 0 \qquad \frac{dm}{dx} = v$$

این معادلات پایه و اساس روش جمع زدن برای رسم نمودار تغییرات نیروی برشی و لنگر خمشی می‌باشد.
با انتگرال‌گیری از معادله فوق بین دو مقطع دلخواه C و D به‌دست می‌آوریم:

$$V_D - V_C = \int_{x_C}^{x_D} qdx$$

به این ترتیب بین هر دو مقطع مشخص یک تیر تغییر در نیروی برشی برابر است با جمع جبری کلیه نیروهایی که بین دو مقطع بر تیر وارد می‌شوند. اگر هیچ نیرویی بین دو مقطع وارد نشود هیچ تغییری در مقدار نیروی برشی رخ نمی‌دهد. اگر یک بار متمرکز وارد جمع جبری گردد در مقدار برش ناپیوستگی یا جهش رخ می‌دهد چون بار متمرکز را می‌توان بار گسترده‌ای فرض کرد که بر طول خیلی کوچکی گسترده شده است، عمل پیوسته جمع زدن اعتبار خود را حفظ می‌کند.
براساس دلایل فوق نمودار تغییرات نیروی برشی یک تیر را می‌توان با روش جمع زدن ساده به‌دست آورد. برای این منظور همیشه باید ابتدا واکنش‌های تکیه‌گاهی را محاسبه نمود، سپس مؤلفه‌های قائم نیروها و واکنش‌ها به‌ترتیب از انتهای چپ تیر تا مقطع مورد نظر با یکدیگر جمع می‌شوند تا نیروی برشی آن مقطع که برابر حاصل جمع فوق است به‌دست آید. باید توجه داشت که جمع مثبت مؤلفه‌های قائم نیروهای بارگذاری و واکنش‌ها به‌سمت بالاست یعنی اگر باری رو به پایین بود مقدار آن به‌صورت منفی وارد حاصل جمع می‌شود.

رسم نمودار تغییرات لنگر خمشی با روش جمع زدن

همانگونه که قبلاً ثابت کردیم داریم:

$$\frac{dM}{dX} = V$$

رابطه فوق بیان می‌کند که شیب منحنی لنگر خمشی در همه مقطع از طول تیر مساوی نیروی برشی موجود در آن مقطع است. از ریاضیات می‌دانیم که برای اینکه مقدار تابعی حداقل یا حداکثر گردد، مشتق آن باید مساوی صفر شود و با توجه به رابطه فوق چون مشتق تابع لنگر خمشی برابر با برش می‌باشد نتیجه می‌گیریم که حداکثر و حداقل لنگر در نقطه‌ای رخ می‌دهد که برش صفر است. این مسئله وقتی رخ می‌دهد که برش تغییر علامت دهد. با انتگرال‌گیری از رابطه فوق بین: دلخواه C و D به‌دست می‌آوریم:

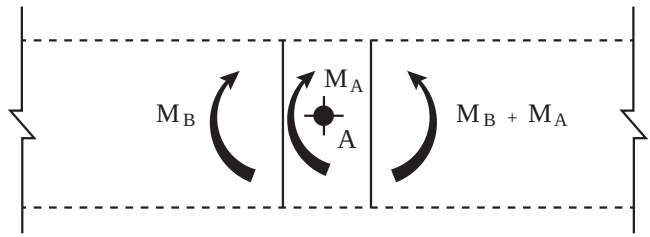
$$M_D - M_C = \int_{x_C}^{x_D} V dx$$

$$M_D - M_C = D \ , \ c$$

این رابطه بسیار شبیه رابطه برش می‌باشد که برای رسم نمودار تغییرات نیروی برشی از آن استفاده کردیم.
بنابراین با شروع عملیات از سمت چپ تیر و جمع زدن پیوسته سطوح زیر نمودار نیروی برشی با درنظر گرفتن علامت نمودار تغییرات لنگر خمشی به‌دست می‌آید.

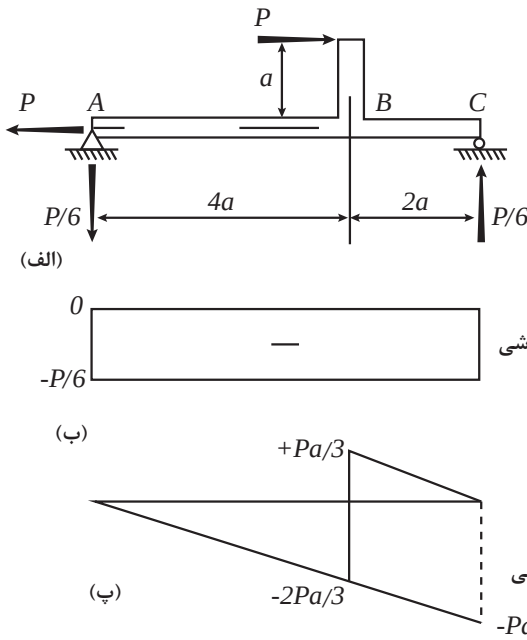
وجود لنگر متمرکز در رسم نمودار تغییرات لنگر خمشی

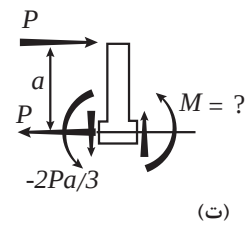
به وسیله جمع زدن سطح زیر نمودار نیروی برشی، هیچ لنگر متمرکزی بر روی جزء کوچک درنظر گرفته نشد، بنابراین روش به‌دست آمده فقط تا نقطه وارد آمدن لنگر متمرکز می‌تواند به‌کار رود. در مقطعی بلافاصله بعد از لنگر متمرکز خارجی، یک لنگر خمشی متفاوتی لازم است تا بتواند قطعه جدا شده از تیر را به‌حال تعادل نگه دارد؛ برای مثال در شکل زیر لنگر متمرکز خارجی M_A که در جهت عقربه ساعت است در روی جزء کوچکی از طول تیر در نقطه A عمل می‌کند.



حال اگر لنگر داخلی بر سمت چپ قطعه M_B در جهت عقربه های ساعت باشد برای تعادل قطعه، لنگری به بزرگی $M_A + M_B$ در جهت مخالف عقربه‌های ساعت در سمت راست قطعه لازم است. وضعیت‌هایی با جهت‌های دیگر از لنگر نیز می‌تواند به‌طور مشابه بررسی شود؛ بنابراین در کاربرد

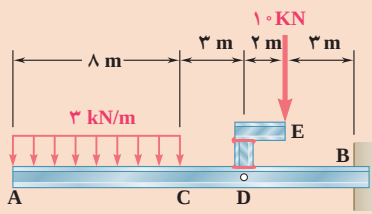
روش جمع زدن باید توجه خاصی به لنگرهای متمرکز مبذول شود چون اثر آنها در جمع زدن سطح زیر منحنی برش وارد نمی‌شود.

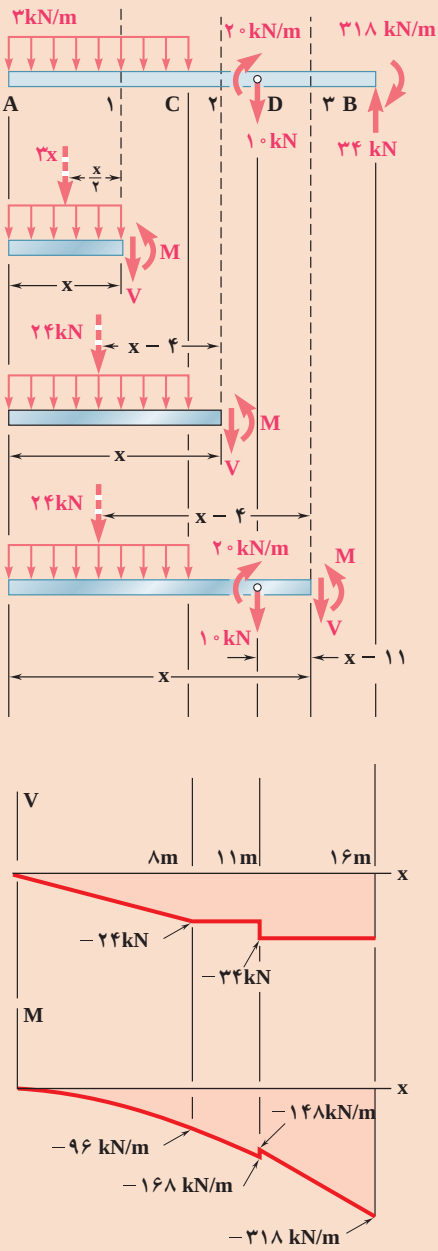




مثال

مطلوب است رسم نمودار تغییرات لنگر خمشی و نیروی برشی برای تیر زیر:




۳kN/m
۲۰kN/m
۳۱۸ kN/m
A
۱
C
۲
D
۳ B
۱۰kN
۳۴ kN
۳x
x/۲
M
V
x
۲۴kN
x − ۴
M
V
x
۲۴kN
x − ۴
۲۰kN/m
M
V
۱۰kN
x − ۱۱
x
V
۸m
۱۱m
۱۶m
x
−۲۴kN
−۳۴kN
M
x
−۱۴۸kN/m
−۹۶ kN/m
−۱۶۸ kN/m
−۳۱۸ kN/m

پودمان ۴

خواص هندسی سطوح

مقدمه

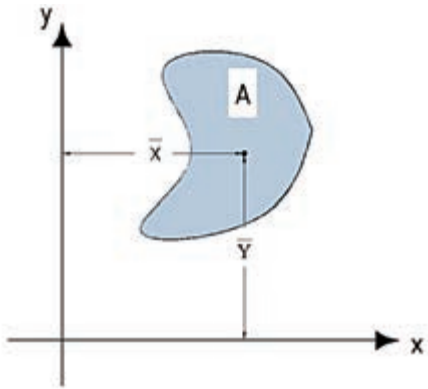
در این قسمت بیان خواهد شد که اولاً خواص هندسی سطوح چیست و در ساختمان چه کاربردی دارد و مرکز سطح، گشتاور اول و دوم سطح به‌صورت اختصار معرفی خواهند شد.

گشتاور اول سطح (سطوح ساده)

در قسمت گشتاور که در پودمان‌های قبلی بحث شد، نیرو را در فاصله ضرب می‌کردیم و گشتاور (نیرو در فاصله عمود) به‌دست می‌آمد. با یادآوری این مطلب که باید فاصله نسبت به امتداد نیرو عمود باشد. اما در گشتاور اول سطح ما به‌جای نیرو از سطح استفاده می‌کنیم و سطح را به دور محورهای x یا y می‌چرخانیم که در اینجا فاصله از مرکز سطح تا محور موردنظر می‌باشد. گشتاور اول سطح را با Q نشان می‌دهیم و تعریف آن حول محور x و y به‌صورت زیر می‌باشد:

گشتاور اول سطح نسبت به محور x عبارت است از(Q_x): حاصل‌ضرب مساحت در فاصله عمودی مرکز سطح شکل تا محور x.

گشتاور اول سطح نسبت به محور y عبارت است از(Q_y): حاصل‌ضرب مساحت در فاصله افقی مرکز سطح شکل تا محور y.



$$Q_x = A.\ \bar{Y}$$

$$Q_y = A.\ \bar{X}$$

در رابطه فوق، A مساحت شکل موردنظر، $\bar{X}$ فاصله افقی مرکز سطح شکل تا محور y و $\bar{Y}$ فاصله عمودی مرکز سطح شکل تا محور x می‌باشد.

با توجه به اینکه واحد مساحت، واحد طول به توان ۲ و واحد $\bar{Y}$ ، $\bar{X}$ واحد طول می‌باشد، پس واحد گشتاور اول سطح، واحد طول به توان ۳ می‌باشد؛ مانند: cm^3، mm^3، m^3 و... .

$Q_x = A$ (واحد طول)^2 . $\overline{Y}$ (واحد طول) $\rightarrow$ $Q_x =$ (واحد طول)^3

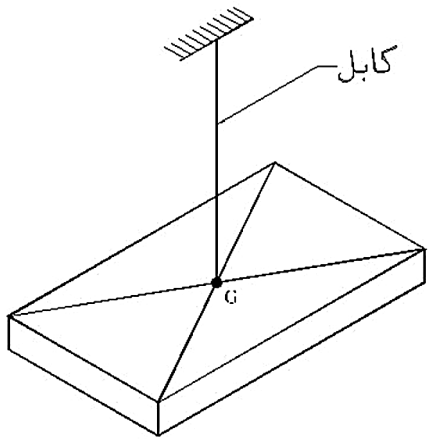
$Q_y = A$ (واحد طول)^2 . $\overline{X}$ (واحد طول) $\rightarrow$ $Q_y =$ (واحد طول)^3

مرکز سطح هندسی (سطوح ساده)

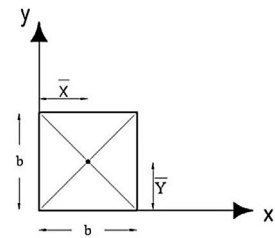
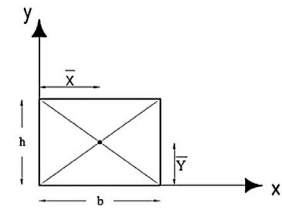
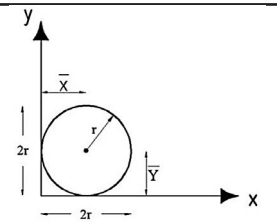
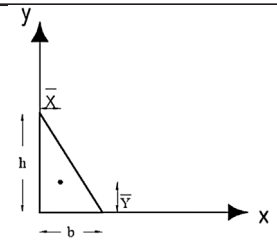
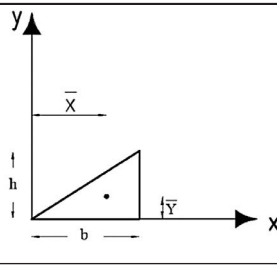
هر جسمی در واقعیت از ذرات کوچک‌تری تشکیل شده که همگی دارای وزن هستند. وزن هر جسم را می‌توانیم با نیروهای زیادی که جهتشان به‌طرف مرکز زمین است نشان دهیم که می‌توان برآیند این نیروهای زیاد را به‌صورت یک نیروی منفرد نشان داد.

صفحه‌ای همانند شکل زیر را درنظر بگیرید که با یک کابل آویزان شده است.

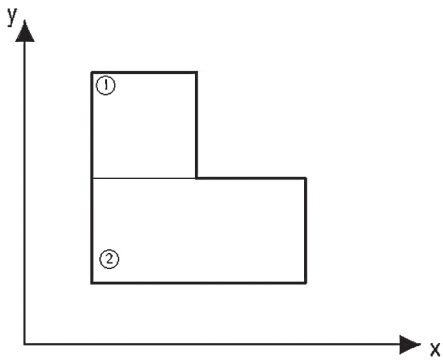
ابتدا قطرهای مستطیل را به‌هم وصل کرده و از محل تلاقی قطرها (نقطه G) با یک کابل، صفحه را آویزان کنید. به‌دلیل اینکه برآیند وزن صفحه از نقطه G می‌گذرد همچنان صفحه درحال تعادل خواهد بود و واژگون نمی‌شود. به نقطه G مرکز سطح می‌گویند.



در جدول صفحه بعد مختصات مرکز سطح هندسی و مساحت اشکال مربع، مستطیل، دایره، نیم‌دایره و مثلث نشان داده شده است.

نام سطح	شکل سطح	مرکز سطح		مساحت	توضیحات
		$\bar{x}$	$\bar{y}$		
مربع		$\frac{b}{2}$	$\frac{b}{2}$	b^2	مرکز سطح مربع در محل تلاقی دو قطر آن می‌باشد.
مستطیل		$\frac{b}{2}$	$\frac{h}{2}$	$b \cdot h$	مرکز سطح مستطیل در محل تلاقی دو قطر آن می‌باشد.
دایره		r	r	$\pi.r^2$	مرکز سطح دایره در محل تلاقی قطرها یا مرکز دایره می‌باشد.
مثلث		$\frac{1}{3}h$	$\frac{1}{3}b$	$\frac{b.h}{2}$	مرکز سطح مثلث از قاعده آن $\frac{1}{3}$ طول می‌باشد.
مثلث		$\frac{2}{3}b$	$\frac{1}{3}h$	$\frac{b.h}{2}$	مرکز سطح مثلث از قاعده آن $\frac{1}{3}$ طول و از نوک مثلث $\frac{2}{3}$ طول می‌باشد.

گشتاور اول سطح (سطوح مرکب)

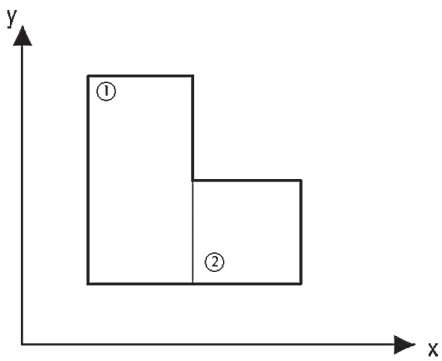


اگر چند تا از سطوح ساده داخل جدول صفحه قبل را کنار یکدیگر قرار بدهیم، یک شکل جدید (سطح مرکب) درست می‌شود. برای به‌دست آوردن گشتاور اول سطح شکل جدید (سطح مرکب) ابتدا گشتاور اول سطح تک‌تک سطح‌ها را به‌دست آورده، سپس آنها را با هم جمع می‌نماییم که در نهایت گشتاور اول سطح مرکب به‌دست می‌آید.

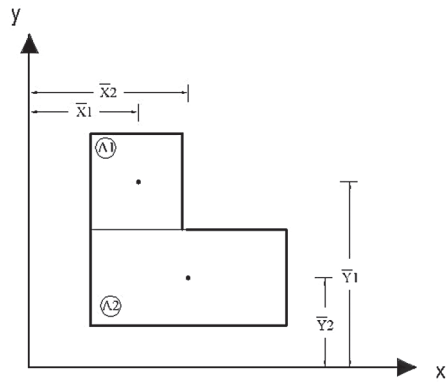
شکل فوق که ترکیبی از مربع و مستطیل می‌باشد را می‌توان همانند شکل تقسیم‌بندی نموده و برای هرکدام از اجزای گشتاور اول سطح را محاسبه کرده و با هم جمع کرد که گشتاور اول سطح کل شکل به‌دست می‌آید.

نکته

اگر تقسیم‌بندی اجزا به‌روش دیگری (مثل شکل زیر) هم باشد، در جواب نهایی گشتاور اول سطح هیچ تأثیری ندارد و جواب‌ها با هم برابرند.



برای به‌دست آوردن گشتاور اول سطوح مرکب، طبق شکل صفحه بعد ابتدا مرکز سطح هرکدام از اجزا را با یک نقطه معلوم کرده و فاصله مرکز سطح اجزا را تا محور x و y محاسبه می‌کنیم. گشتاور اول سطح تک‌تک شکل‌ها را به‌دست آورده و در نهایت با هم جمع کرده و گشتاور اول سطح کل شکل را به‌دست می‌آوریم.



$$Q_x = \sum_{i=1}^{n} A_i.\bar{Y}_i$$

$$Q_y = \sum_{i=1}^{n} A_i.\bar{X}_i$$

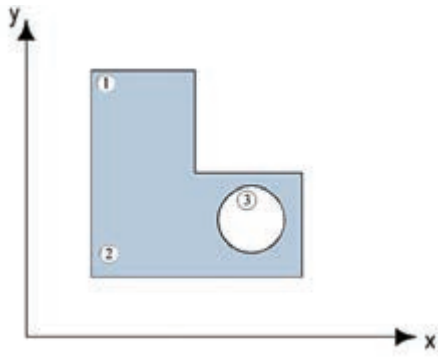
با توجه به‌شکل فوق که به ۲ قسمت تقسیم شده است، فرمول‌های بالا را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$Q_x = (A_1.\bar{Y}_1) + (A_2.\bar{Y}_2)$$

$$Q_y = (A_1.\bar{X}_1) + (A_2.\bar{X}_2)$$

نکته

در شکل زیر دایره توخالی می‌باشد، بنابراین در فرمول گشتاور اول سطح برای شکل سوم در پشت رابطه به‌جای علامت مثبت از منفی استفاده می‌کنیم و آن را از گشتاور اول سطح کل شکل کسر می‌کنیم.



$$Q_x = (A_1.\overline{Y}_1) + (A_2.\overline{Y}_2) - (A_3.\overline{Y}_3)$$

$$Q_y = (A_1.\overline{X}_1) + (A_2.\overline{X}_2) - (A_3.\overline{X}_3)$$

مرکز سطح هندسی

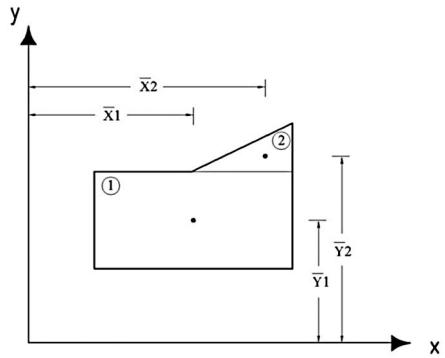
مرکز سطح هندسی (سطوح مرکب)

در جدول صفحه ۶۴ مرکز سطح سطوح ساده را نشان دادیم.

هر شکل هندسی مشخص مانند دایره، مثلث، مستطیل و ... یک مرکز سطح مشخص دارند اما وقتی که چند تا از سطوح ساده کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و یک شکل مرکب درست می‌شود باید مرکز سطح کل شکل را طبق روال زیر به‌دست بیاوریم.

برای به‌دست آوردن مرکز سطح هندسی سطوح مرکب ابتدا گشتاور اول سطح مرکب حول محور x و y را به‌دست می‌آوریم و اگر همان Q_x و Q_y را بر مساحت کل شکل تقسیم کنیم، به‌ترتیب $\overline{Y}$ و $\overline{X}$ مرکز سطح کل شکل به دست می‌آید.

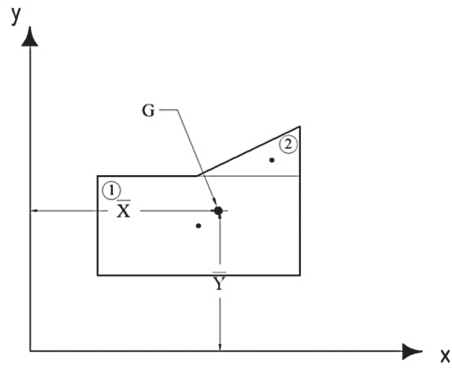
در شکل زیر برای پیدا کردن مرکز سطح کل شکل، ابتدا گشتاور اول سطح مرکب را به‌دست می‌آوریم:



$$Q_x = (A_1.\overline{Y}_1) + (A_2.\overline{Y}_2)$$

$$Q_y = (A_1.\overline{X}_1) + (A_2.\overline{X}_2)$$

طبق فرمول بالا اگر گشتاور اول سطح به‌دست آمده را بر مساحت کل شکل تقسیم کنیم، مرکز سطح کل شکل طبق فرمول‌های صفحه بعد به‌دست می‌آید. در شکل صفحه بعد نقطه G مرکز سطح کل شکل می‌باشد.

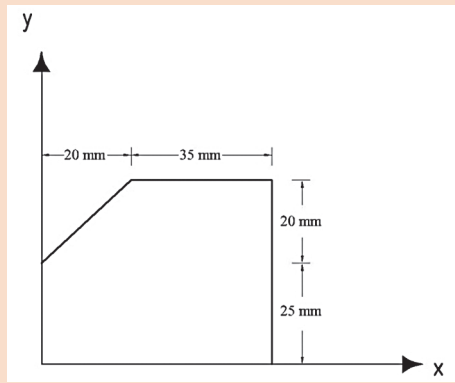


$$\overline{X}=\frac{Q_y}{A} \Rightarrow \overline{X}=\frac{(A_1.\overline{X}_1)+(A_2.\overline{X}_2)}{A_1+A_2}$$

$$\overline{Y}=\frac{Q_x}{A} \Rightarrow \overline{Y}=\frac{(A_1.\overline{Y}_1)+(A_2.\overline{Y}_2)}{A_1+A_2}$$

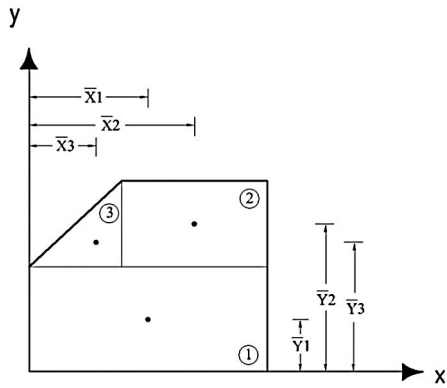
مثال

در شکل زیر مرکز سطح کل شکل را به‌دست آورید.



حل:

ابتدا گشتاور اول سطح مرکب را همانند مثال قبلی به‌دست آورده و مقادیر Q_x و Q_y را بر مساحت کل شکل تقسیم می‌کنیم که در نهایت مرکز سطح کل شکل به‌دست می‌آید.



$A_1 = 55 \times 25 = 1375 mm^2$

$A_2 = 20 \times 35 = 700\ mm^2$

$\overline{X}_1 = \frac{55}{2} = 27/5 mm$

$\overline{X} = 20 + \frac{35}{2} = 37/5 mm$

$\overline{Y}_1 = \frac{25}{2} = 12/5 mm$

$\overline{Y}_2 = 25 + \frac{20}{2} = 35 mm$

$A_3 = \frac{20 \times 20}{2} = 200\ mm^2$

$\overline{X}_3 = \frac{2}{3} 20 = 13/33 mm$

$\overline{Y}_3 = 25 + \frac{1}{3} 20 = 31/67 mm$

حال گشتاور اول سطح کل شکل را نسبت به محور x و y به دست می‌آوریم:

$Q_x = (A_1.\overline{Y}_1) + (A_2.\overline{Y}_2) + (A_3.\overline{Y}_3) \Rightarrow$

$Q_x = (1375 \times 12/5) + (700 \times 35) + (200 \times 31/67) = 48021/5 mm^3$

$Q_y = (A_1.\overline{X}_1) + (A_2.\overline{X}_2) + (A_3.\overline{X}_3) \Rightarrow$

$Q_y = (1375 \times 27/5) + (700 \times 37/5) + (200 \times 13/33) = 66728/5 mm^3$

با استفاده از جدول زیر هم می‌توان گشتاور اول سطح را به‌دست آورد:

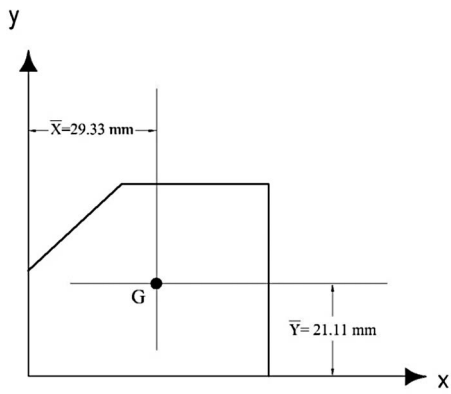
سطوح	$A\ (cm^2)$	$\overline{X}$ (cm)	$\overline{Y}$ (cm)	Q_x	Q_y
۱	۵۵ ×۲۵ =۱۳۷۵	۲۷/۵	۱۲/۵	۱۳۷۵ × ۱۲/۵ = ۱۷۱۸۷	۱۳۷۵ × ۲۷/۵ = ۳۷۸۱۲
۲	۲۰ × ۳۵ = ۷۰۰	۳۷/۵	۳۵	۷۰۰ × ۳۵ = ۲۴۵۰۰	۷۰۰ × ۳۷/۵ = ۲۶۲۵۰
۳	$\frac{۲۰\times۲۰}{۲}=۲۰۰$	۱۳/۳۳	۳۱/۶۷	۲۰۰ × ۳۱/۶۷ = ۶۳۳۴	۲۰۰ × ۱۳/۳۳ = ۲۶۶۶
جمع	**۲۲۷۵**	---	---	**۴۸۰۲۱/۵**	**۶۶۷۲۸/۵**

با استفاده از روابط زیر، مرکز سطح ($\overline{X}$ و $\overline{Y}$) را به‌دست می‌آوریم.

$$\overline{X}=\frac{Q_y}{A_۱+A_۲+A_۳} \Rightarrow \overline{X}=\frac{۶۶۷۲۸/۵}{۲۲۷۵} \Rightarrow \overline{X}=۲۹/۳۳mm$$

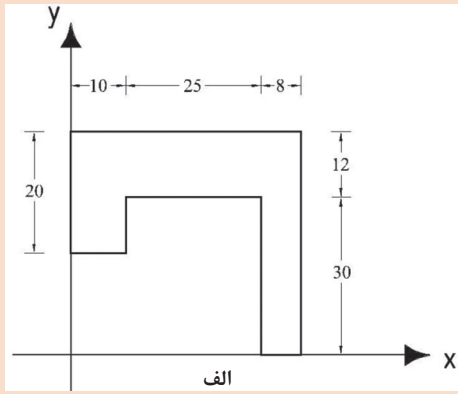
$$\overline{Y}=\frac{Q_x}{A_۱+A_۲+A_۳} \Rightarrow \overline{Y}=\frac{۴۸۰۲۱/۵}{۲۲۷۵} \Rightarrow \overline{Y}=۲۱/۱۱mm$$

در شکل زیر موقعیت مرکز سطح کل شکل با نقطه G نشان داده شده است:

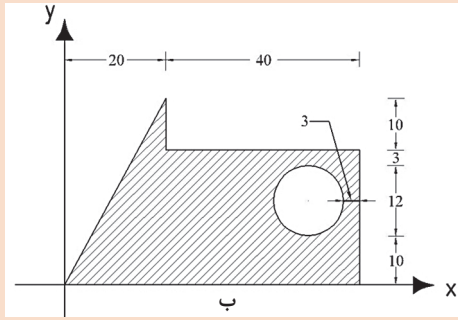


تمرین

۱ در شکل‌های زیر گشتاور اول سطح را نسبت به محورهای x و y به‌دست آورید (واحدها برحسب میلیمتر است).



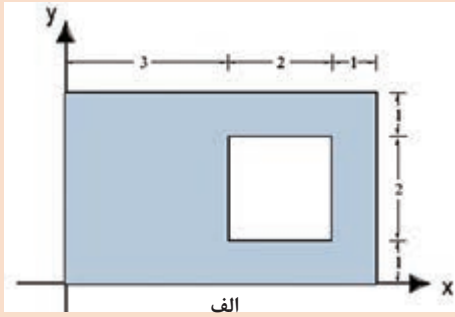
الف



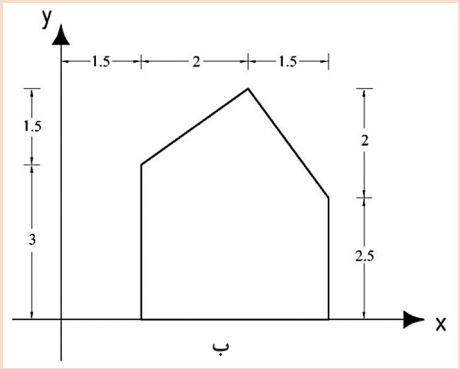
ب

۲ مرکز سطح هندسی شکل‌های تمرین بالا را به‌دست آورید.

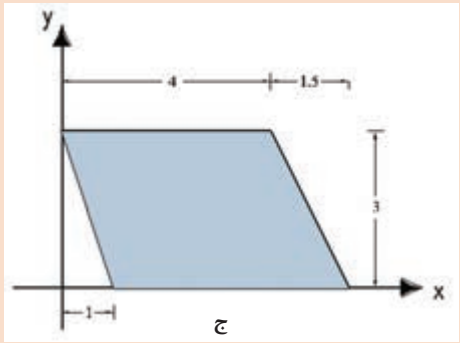
۳ مرکز سطح هندسی شکل‌های زیر را به‌دست آورید (واحدها برحسب سانتی‌متر است).



الف



ب



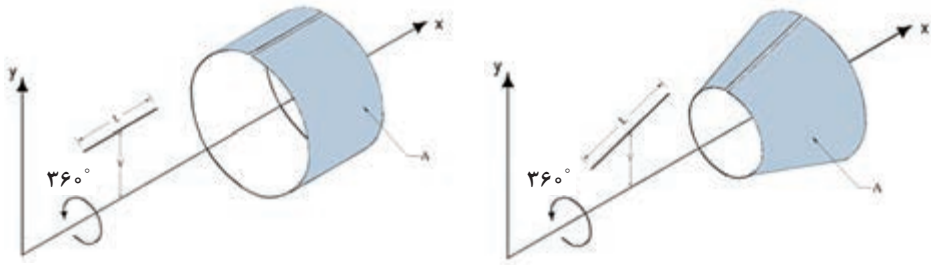
ج

سطح و حجم حاصل از دوران

اگر خطی(مستقیم، مایل و یا منحنی) را به دور یک محور بچرخانیم سطحی به‌وجود خواهد آمد که سطح حاصل از دوران خط نامیده می‌شود و اگر سطحی را به دور یک محور بچرخانیم حجمی به وجود خواهد آمد که حجم حاصل از دوران سطح نامیده می‌شود.
این قضایا اولین بار توسط هندسه‌دان یونانی به نام پاپوس در قرن سوم میلادی و بعدها توسط ریاضیدان سوئیسی به نام گلدینوس بازنویسی شد.

قضیه ۱:
مساحت یک سطح دوار ناشی از دوران یک خط عبارت است از: حاصل‌ضرب طول خط در فاصله مرکز سطح خط تا محور موردنظر و ضرب در عدد 2π.
توجه: فاصله مرکز سطح خط تا محور موردنظر و ضرب در عدد 2π یعنی($2\pi L$)، همان فرمول

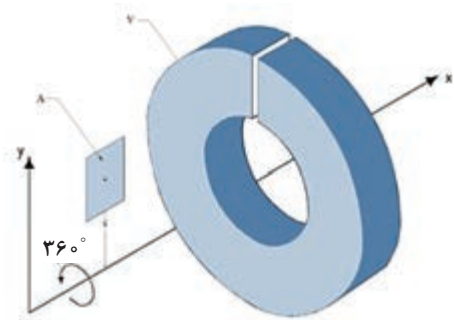
محیط دایره می‌باشد.
در شکل زیر یک خط مستقیم و یک خط مایل را به دور محور x، ۳۶۰ درجه می‌چرخانیم که از نتیجه دوران، سطح به‌دست می‌آید:



مساحت سطح رنگ شده در شکل‌های فوق (سطح حاصل از دوران خط حول محور x) به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$A = ۲\pi \overline{Y} L$$

قضیه ۲:
حجم یک سطح دوار ناشی از دوران یک سطح عبارت است از: حاصل‌ضرب سطح در فاصله مرکز سطح شکل تا محور موردنظر و ضرب در عدد ۲π.
در شکل زیر یک مستطیل و یک نیم دایره را به دور محور x، ۳۶۰ درجه می‌چرخانیم که از نتیجه دوران، حجم به دست می‌آید:



حجم سطح رنگ شده در شکل‌های فوق (حجم حاصل از دوران سطح حول محور x) به‌صورت زیر درمی‌آید:

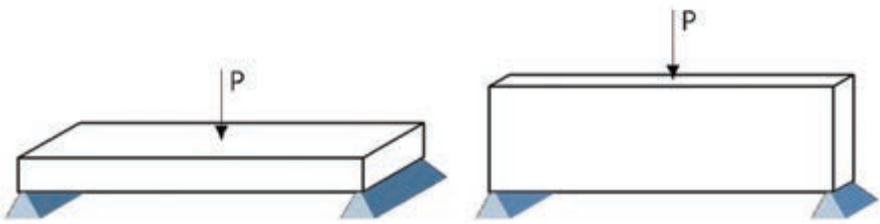
$$V = ۲\pi \overline{Y} A$$

گشتاور دوم سطح (ممان اینرسی)

یک تیر دو سر مفصل مطابق شکل زیر در دو حالت تحت تأثیر بار قرار می‌گیرد. در هردو حالت مساحت مقطع تیر یکی است اما در شکل سمت راست به‌خاطر اینکه ارتفاع تیر بیشتر است خیز آن نسبت به‌شکل سمت چپ کمتر است. پس می‌توان نتیجه گرفت هرچه ارتفاع تیر بیشتر باشد ممان اینرسی آن بیشتر است و در برابر خمش مقاوم‌تر می‌باشد.

ممان اینرسی یا گشتاور دوم سطح را می‌توان این‌گونه تعریف کرد:

ممان اینرسی عامل مقاومت در برابر خمش است و همچنین یکی از خصوصیات فیزیکی جسم است و به‌توزیع ذرات تشکیل‌دهنده جسم بستگی دارد. هرچه ذرات تشکیل‌دهنده جسم نسبت به محور گذرنده از مرکز سطح دورتر باشد ممان اینرسی آن بالاتر و مقاومت در برابر خمش افزایش می‌یابد و برعکس.

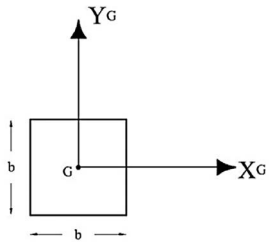


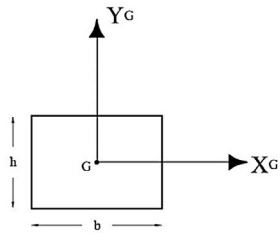
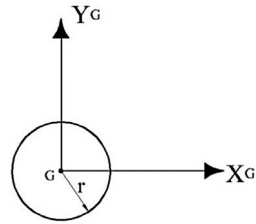
گشتاور دوم سطح ــ ممان اینرسی (سطوح ساده)

ممان اینرسی (Moment of Inertia) را می‌توان با نماد I نشان داد و نسبت به محورهای x و y نام‌گذاری کرد. I_x و I_y یعنی ممان اینرسی نسبت به محورهای x و y.

در جدول زیر ممان اینرسی را نسبت به محورهای گذرنده از مرکز سطح (G) به‌دست می‌آوریم. برای به‌دست آوردن ممان اینرسی حول محورهای دیگر در بخش‌های بعدی به آن اشاره خواهیم نمود.

جدول

نام سطح	شکل سطح	ممان اینرسی
مربع		$I_{XG} = \frac{b^4}{12}$ $I_{YG} = \frac{b^4}{12}$

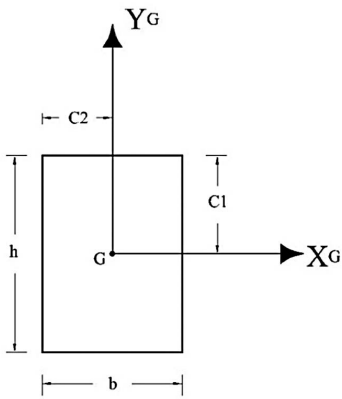
مستطیل		$I_{XG} = \frac{b.h^3}{12}$ $I_{YG} = \frac{h.b^3}{12}$
دایره		$I_{XG} = \frac{\pi.r^4}{4}$ $I_{YG} = \frac{\pi.r^4}{4}$

همان‌طور که از جدول فوق معلوم است واحد ممان اینرسی، واحد طول به‌توان ۴ می‌باشد؛ یعنی mm^4 و m^4 و cm^4 و... به‌طور مثال ممان اینرسی مستطیل نسبت به محور y را دیمانسیون‌گذاری می‌کنیم:

$$I_{YG} = \frac{h\ (\text{واحد طول}) \cdot b^3\ (\text{واحد طول})^3}{12} \rightarrow I_{YG} = (\text{واحد طول})^4$$

اساس مقطع(مدول مقطع)

اساس مقطع همانند ممان اینرسی یکی از خصوصیات مهم تیر است که عامل مقاوم در برابر خمش می‌باشد. برای به‌دست آوردن ابعاد مقطع یک تیر از اساس مقطع استفاده می‌شود. اساس مقطع به‌صورت حاصل تقسیم ممان اینرسی برروی دورترین تار مقطع از مرکز سطح شکل به‌دست می‌آید.



اساس مقطع حول محور x برابر است با: نسبت ممان اینرسی به فاصله دورترین تار مقطع از مرکز سطح در جهت عمودی (جهت y).

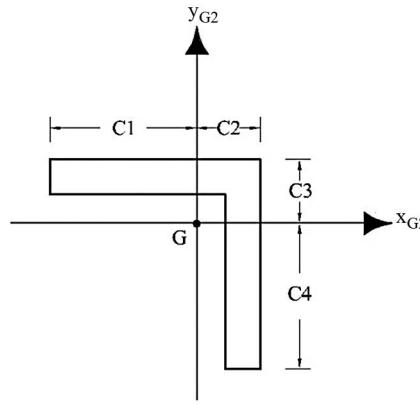
اساس مقطع حول محور y برابر است با: نسبت ممان اینرسی به فاصله دورترین تار مقطع از مرکز سطح در جهت افقی(جهت x).

اساس مقطع را با علامت S نشان می‌دهند و واحد آن طول به توان ۳ می‌باشد.

در شکل روبه‌رو برای به‌دست آوردن اساس مقطع به این ترتیب عمل خواهیم کرد:

$$S_X = \frac{I_{XG}}{C۱} \qquad S_y = \frac{I_{yG}}{C۲}$$

در رابطه فوق S_x و S_y اساس مقطع حول محور x و y می‌باشد.
I_{xG} و I_{yG} ممان اینرسی کل شکل حول محور x_G و y_G می باشد.
C1 : فاصله دورترین تار مقطع در جهت قائم (جهت y) از مرکز سطح کل شکل
C2 : فاصله دورترین تار مقطع در جهت افقی (جهت x) از مرکز سطح کل شکل
به‌عنوان مثال اگر بخواهیم در شکل مرکب زیر اساس مقطع نسبت به محور X_G و Y_G (مرکز سطح کل شکل) را به‌دست بیاوریم، فاصله دورترین تار مقطع از مرکز سطح کل شکل در جهت افقی C1 و فاصله دورترین تار مقطع از مرکز سطح کل شکل در جهت قائم C4 می‌باشد.

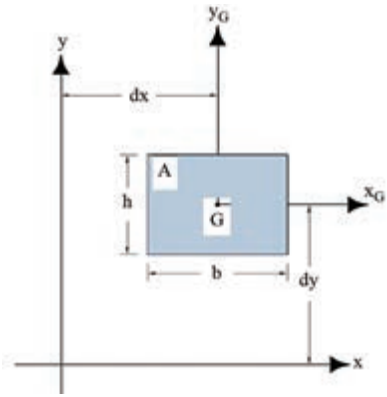


فرمول اساس مقطع برای شکل فوق به این صورت است:

$$S_X = \frac{I_{XG۲}}{C۴} \qquad S_y = \frac{I_{yG۲}}{C۱}$$

قضیه محورهای موازی

در جدول صفحه ۷۴ ممان اینرسی سطوح ساده را نسبت به‌محورهای گذرنده از مرکز سطح جسم به‌دست آوردیم. اما اگر بخواهیم ممان اینرسی را نسبت به محورهای موازی با محورهای گذرنده از مرکز سطح به‌دست آوریم باید با استفاده از قضیه محورهای موازی، محورهای گذرنده از مرکز سطح را به‌محورهای موردنظر انتقال دهیم.



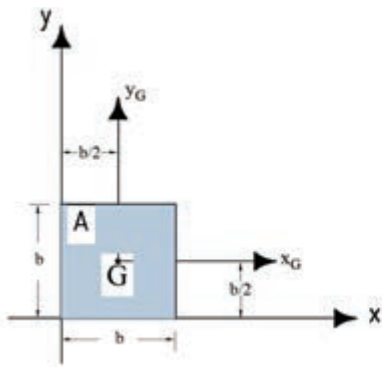
در شکل فوق، ممان اینرسی نسبت به محورهای X_G و Y_G را قبلاً در جدول صفحه ۷۴ به‌دست آوردیم که مقادیر زیر به‌دست آمد.

$$I_{XG} = \frac{b.h^3}{12} \qquad I_{yG} = \frac{h.b^3}{12}$$

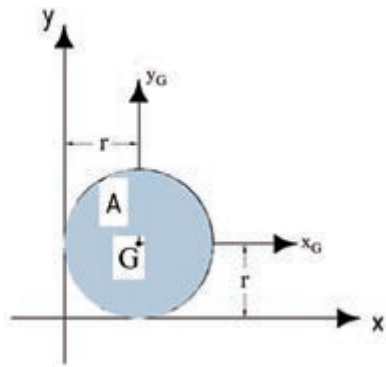
اما اگر بخواهیم آنها را نسبت به محورهای x و y (شکل صفحه قبل) محاسبه کنیم، برابر است با ممان اینرسی نسبت به‌محورهای گذرنده از مرکز سطح به اضافه حاصل‌ضرب مساحت شکل در مجذور فاصله مرکز سطح شکل تا محورهای موازی مورد نظر.

$$I_x = I_{XG} + (A.d_y^2) \qquad I_y = I_{YG} + (A.d_x^2)$$

و اگر بخواهیم برای مربع و دایره، ممان اینرسی نسبت به محور مماس بر ضلع مربع و مماس بر محیط دایره را حساب کنیم نتایج به‌صورت زیر خواهد بود:



$$I_x = I_y = \frac{b^4}{3}$$

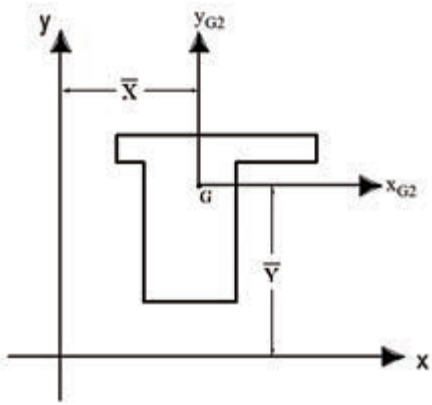


$$I_x = I_y = \frac{5\pi r^4}{4}$$

گشتاور دوم سطوح مرکب، نسبت به محورهای گذرنده از مرکز سطح کل شکل

در بخش‌های قبلی، گشتاور دوم سطح را برای سطوح ساده نسبت به مرکز سطح جسم و گشتاور دوم سطح همان سطوح ساده را با کمک قضیه محورهای موازی نسبت به محورهای موازی با محورهای گذرنده از مرکز سطح جسم به‌دست آوردیم. در این بخش می‌خواهیم ممان اینرسی سطوح مرکب را نسبت به محورهای $X_{G۲}$ و $Y_{G۲}$ (گذرنده از مرکز سطح کل شکل) به‌دست بیاوریم.

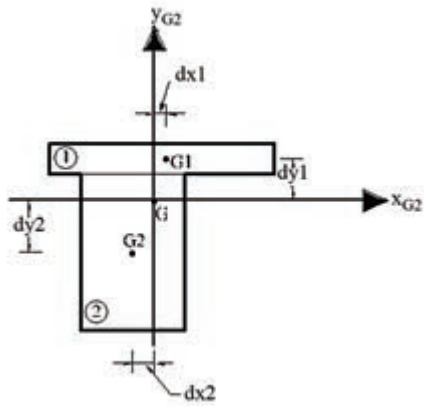
قدم اول: به‌دست آوردن مرکز سطح کل شکل یعنی به‌دست آوردن $\overline{X}$ و $\overline{Y}$؛



$$\overline{X}=\frac{Q_y}{A} \quad \Rightarrow \quad \overline{X}=\frac{(A_۱.\overline{X}_۱)+(A_۲.\overline{X}_۲)}{A_۱+A_۲}$$

$$\overline{Y}=\frac{Q_x}{A} \quad \Rightarrow \quad \overline{Y}=\frac{(A_۱.\overline{Y}_۱)+(A_۲.\overline{Y}_۲)}{A_۱+A_۲}$$

قدم دوم: شکل مرکب را به شکل‌های مشخص تقسیم می‌کنیم و مرکز سطح هر کدام از تک‌شکل‌ها را با یک نقطه G۱ و G۲ در داخل تک شکل نشان می‌دهیم. فاصله هر کدام از تک شکل‌ها را در جهت x و y نسبت به دو محور $X_{G۲}$ و $Y_{G۲}$ به‌دست می‌آوریم و با $dx_۱$، $dy_۱$، $dx_۲$، $dy_۲$ نشان می‌دهیم.



قدم سوم: ممان اینرسی را با توجه به‌شکل بالا نسبت به محورهای x_{G2} , y_{G2} به‌دست می‌آوریم.

$$I_{x_1} = I_{XG_1} + (A_1.d_{y_1}^{\ 2}) \qquad I_{x_2} = I_{XG_2} + (A_2.d_{y_2}^{\ 2})$$

$$I_{y_1} = I_{yG_1} + (A_1.d_{x_1}^{\ 2}) \qquad I_{y_2} = I_{yG_2} + (A_2.d_{x_2}^{\ 2})$$

حال برای ممان اینرسی کل شکل حول محور x_G و y_G آنها را با هم جمع خواهیم کرد:

$$I_x = I_{x_1} + I_{x_2} = \left[I_{xG_1} + (A_1.d_{y_1}^{\ 2})\right] + \left[I_{XG_2} + (A_2.d_{y_2}^{\ 2})\right]$$

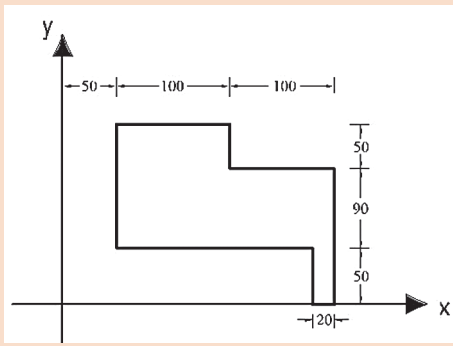
$$I_y = I_{y_1} + I_{y_2} = \left[I_{yG_1} + (A_1.d_{x_1}^{\ 2})\right] + \left[I_{yG_2} + (A_2.d_{x_2}^{\ 2})\right]$$

مثال

در شکل زیر مطلوب است: (واحدها بر حسب میلی‌متر است)

الف) محاسبه I_{xG} و I_{yG}

ب) محاسبه S_x و S_y

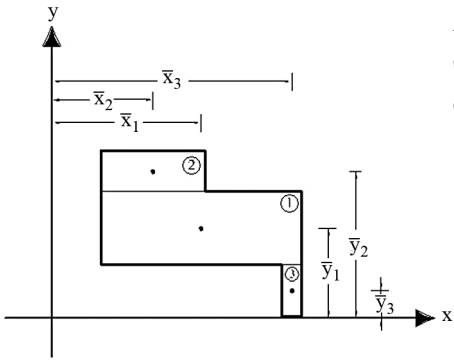


حل:

قدم اول: در به‌دست آوردن ممان اینرسی نسبت به محور گذرنده از مرکز سطح کل شکل(X_G، Y_G) تعیین مرکز سطح کل می‌باشد:

$$\overline{X}=\frac{Q_y}{A} \qquad \overline{Y}=\frac{Q_x}{A}$$

ابتدا گشتاور اول سطح مرکب را به دست آورده و مقادیر Q_x و Q_y را بر مساحت کل شکل تقسیم می‌کنیم که در نهایت مرکز سطح کل شکل به‌دست می‌آید.



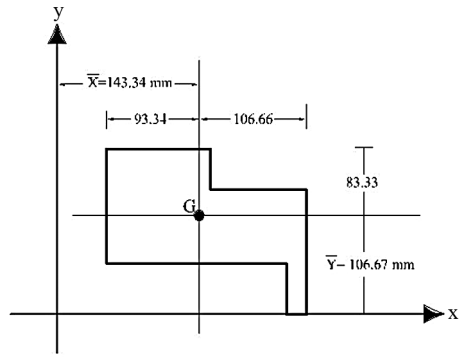
سطوح	A (cm^2)	$\overline{X}$ (cm)	$\overline{Y}$ (cm)	Q_x	Q_y
۱	۲۰۰ ×۹۰ =۱۸۰۰۰	۱۵۰	۹۵	۱۸۰۰۰ × ۹۵ = ۱۷۱۰۰	۱۸۰۰ × ۱۵۰ = ۲۷۰۰۰۰۰
۲	۱۰۰ × ۵۰ = ۵۰۰۰	۱۰۰	۱۶۵	۵۰۰۰ × ۱۶۵ = ۸۲۵۰۰	۵۰۰۰ ×۱۰۰ = ۵۰۰۰۰۰
۳	۲۰ × ۵۰ = ۱۰۰۰	۲۴۰	۲۵	۱۰۰۰ × ۲۵ = ۲۵۰۰۰	۱۰۰۰ × ۲۴۰ = ۲۴۰۰۰۰
جمع	**۲۴۰۰۰**	---	---	**۲۵۶۰۰۰۰**	**۳۴۴۰۰۰۰**

با استفاده از روابط زیر، مرکز سطح ($\overline{X}$ و $\overline{Y}$) را به‌دست می‌آوریم.

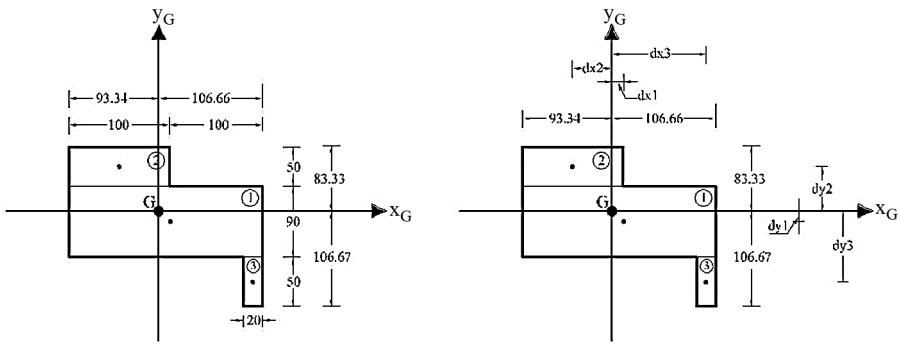
$$\overline{X}=\frac{Q_y}{A} \Rightarrow \overline{X}=\frac{۳۴۴۰۰۰۰}{۲۴۰۰۰} \Rightarrow \boxed{\overline{X}=۱۴۳/۳۴mm}$$

$$\overline{Y}=\frac{Q_x}{A} \Rightarrow \overline{Y}=\frac{۲۵۶۰۰۰۰}{۲۴۰۰۰} \Rightarrow \boxed{\overline{Y}=۱۰۶/۶۷mm}$$

در شکل زیر موقعیت مرکز سطح کل شکل با نقطه G نشان داده شده است:



قدم دوم: این بار فاصله مرکز سطح هرکدام از تک شکل‌ها را که با یک نقطه در داخل تک شکل نشان دادیم را نسبت به دو محور X_G و Y_G به‌دست می‌آوریم و با dx_1، dy_1، dx_2، dy_2، dx_3 و dy_3 نشان می‌دهیم:



ممان اینرسی هرکدام از تک شکل‌ها را نسبت به محور گذرنده از مرکز سطح تک شکل، به‌دست می‌آوریم:

$$I_{X_{G_1}} = \frac{b.h^3}{12} \Rightarrow I_{X_{G_1}} = \frac{200 \times 90^3}{12} = 12150000\ mm^4$$

$$I_{Y_{G_1}} = \frac{h.b^3}{12} \Rightarrow I_{Y_{G_1}} = \frac{90 \times 200^3}{12} = 60000000\ mm^4$$

$$I_{X_{G_2}} = \frac{b.h^3}{12} \Rightarrow I_{X_{G_2}} = \frac{100 \times 50^3}{12} = 1041666/67\ mm^4$$

$$I_{Y_{G_2}} = \frac{h.b^3}{12} \Rightarrow I_{Y_{G_2}} = \frac{50 \times 100^3}{12} = 4166666/67 mm^4$$

$$I_{X_{G_3}} = \frac{b.h^3}{12} \Rightarrow I_{X_{G_3}} = \frac{20 \times 50^3}{12} = 208333/34\ mm^4$$

$$I_{Y_{G_3}} = \frac{h.b^3}{12} \Rightarrow I_{Y_{G_3}} = \frac{50 \times 20^3}{12} = 33333/34\ mm^4$$

مقادیر d_x، d_y (فاصله مرکز سطح تک شکل تا محور موردنظر) هرکدام از تک شکل‌های نشان داده روی شکل فوق را به‌دست می‌آوریم:

$$dx_1 = 106/66 - \frac{200}{2} = 6/66\ mm \qquad dx_2 = 93/34 - \frac{100}{2} = 43/34 mm$$

$$dy_1 = 106/67 - 50 - \frac{90}{2} = 11/67 mm \qquad dy_2 = 83/33 - \frac{50}{2} = 58/33 mm$$

$$dx_3 = 106/66 - \frac{20}{2} = 96/66 mm$$

$$dy_3 = 106/67 - \frac{50}{2} = 81/67 mm$$

حال برای هر تک شکل، ممان اینرسی را با کمک قضیه محورهای موازی نسبت به محورهای X_G و Y_G انتقال می‌دهیم و با استفاده از رابطه زیر آن را طبق جدول به‌دست می‌آوریم:

$$I_{XG} = I_{X1} + I_{X2} + I_{X3} =$$

$$\left[I_{X_{G_1}} + (A_1.d_{y_1}^2)\right] + \left[I_{X_{G_2}} + (A_2.d_{y_2}^2)\right] + \left[I_{X_{G_3}} + (A_3.d_{y_3}^2)\right]$$

$$I_{YG} = I_{Y1} + I_{Y2} + I_{Y3} =$$

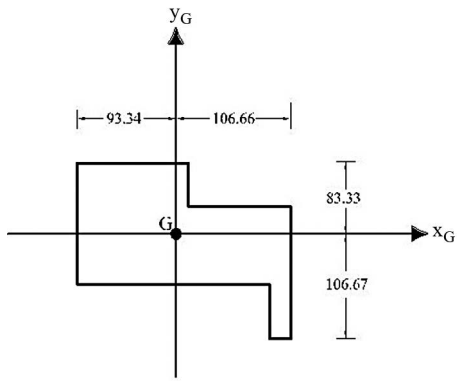
$$\left[I_{y_{G_1}} + (A_1.d_{x_1}^2)\right] + \left[I_{y_{G_2}} + (A_2.d_{x_2}^2)\right] + \left[I_{y_{G_3}} + (A_3.d_{x_3}^2)\right]$$

سطوح	I_{xG}	I_{yG}	A (mm^2)	d_x(mm)	d_y(mm)	I_{XG}	I_{YG}
۱	۱۲۱۵۰۰۰۰	۶۰۰۰۰۰۰۰	۱۸۰۰۰	۶/۶۶	۱۱/۶۷	۱۴۶۰۱۴۰۰/۲	۶۰۷۹۸۴۰۰/۸
۲	۱۰۴۱۶۶۶۶/۶۷	۴۱۶۶۶۶/۶۷	۵۰۰۰	۴۳/۳۴	۵۸/۳۳	۲۷۴۲۸۶۱۱/۱۷	۱۳۵۵۸۴۴۴/۶۷
۳	۲۰۸۳۳۳/۳۴	۳۳۳۳۳/۳۴	۱۰۰۰	۹۶/۶۶	۸۱/۶۷	۶۸۷۸۳۲۲/۲۴	۹۳۷۶۴۸۸/۹۴
جمع	—	—	—	—	—	**۴۸۹۰۸۳۳۳/۶۱**	**۸۳۷۳۳۳۳۴/۴۱**

$$I_{XG} = ۴۸۹۰۸۳۳۳ / ۶۱ mm^۴$$

$$I_{YG} = ۸۳۷۳۳۳۳۴ / ۴۱ mm^۴$$

ب) برای به‌دست آوردن اساس مقطع، ممان اینرسی کل شکل حول محور x و y را بر فاصله دورترین تار مقطع در جهت افقی و قائم از مرکز سطح کل شکل تقسیم می‌کنیم:



$$S_x = \frac{I_{XG}}{C۱}$$

$$S_y = \frac{I_{YG}}{C۲}$$

C۱: فاصله دورترین تار مقطع در جهت قائم (جهت y) از مرکز سطح کل شکل C۱= ۱۰۶/۶۷ mm

C۲: فاصله دورترین تار مقطع در جهت افقی (جهت x) از مرکز سطح کل شکل C۲= ۱۰۶/۶۶ mm

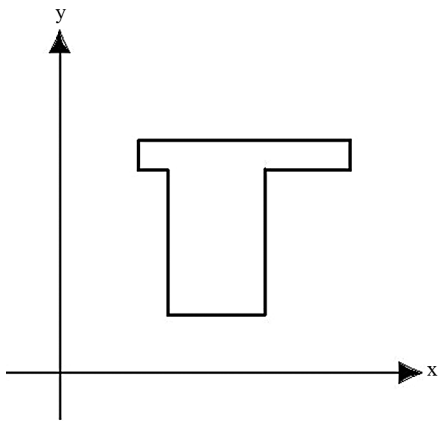
$$S_x = \frac{I_{XG}}{C۱} \Rightarrow S_x = \frac{۴۸۹۰۸۳۳۳ / ۶۱}{۱۰۶ / ۶۷} = ۴۵۸۵۰۱ / ۲۳ mm^۳$$

$$S_y = \frac{I_{YG}}{C۲} \Rightarrow S_y = \frac{۸۳۷۳۳۳۳۴ / ۴۱}{۱۰۶ / ۶۶} = ۷۸۵۰۴۹ / ۰۷ mm^۳$$

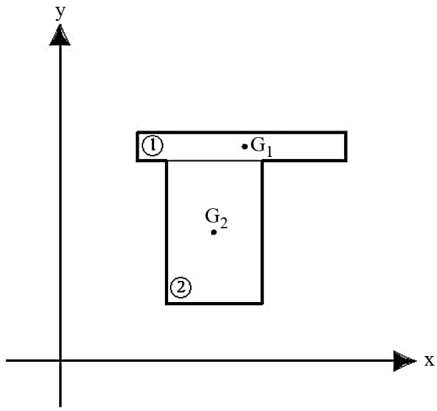
گشتاور دوم سطوح مرکب، نسبت به محورهای خارج از مرکز سطح کل شکل

در بخش‌های قبل گشتاور دوم سطح را برای سطوح ساده نسبت به مرکز سطح جسم و گشتاور دوم سطح همان سطوح ساده را با کمک قضیه محورهای موازی نسبت به محورهای موازی با محورهای گذرنده از مرکز سطح جسم به‌دست آوردیم. در این بخش می‌خواهیم ممان اینرسی سطوح مرکب را نسبت به‌محورهای موازی با محورهای گذرنده از مرکز سطح هر کدام از تک شکل‌ها به‌دست آوریم. اگر بخواهیم در شکل صفحه بعد ممان اینرسی را نسبت به محورهای X , Y به‌دست بیاوریم، ابتدا همانند بخش قبلی برای هر کدام از تک شکل‌ها ممان اینرسی را به‌کمک قضیه محورهای موازی

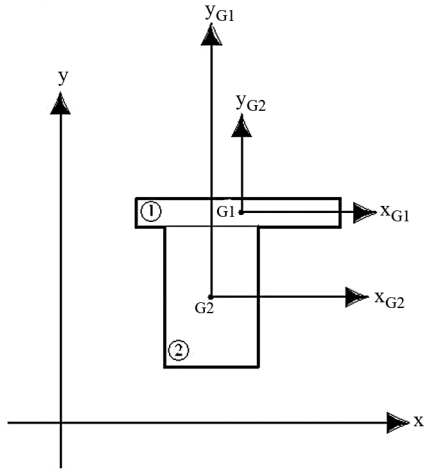
نسبت به محورهای موازی با محور گذرنده از مرکز سطح به‌دست می‌آوریم و در نهایت با هم جمع خواهیم کرد.

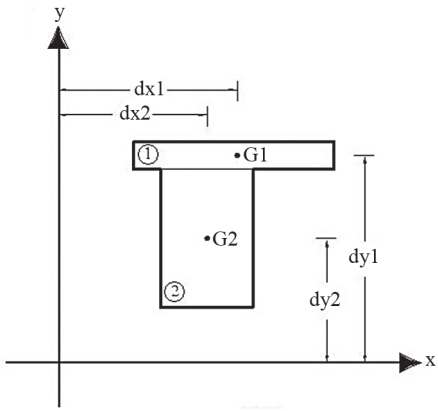


قدم اول: شکل مرکب را به شکل‌های مشخص تقسیم می‌کنیم و مرکز سطح هرکدام از تک شکل‌ها را با یک نقطه G_1 و G_2 در داخل تک شکل نشان می‌دهیم.



محورهای مختصات را بر روی نقطه G_1 و G_2 نشان می‌دهیم.





در قدم بعدی فاصله قائم و افقی (d_x و d_y) محورهای گذرنده از مرکز سطح هر تک‌شکل را نسبت به محورهای x و y به‌دست می‌آوریم:

حال برای هر تک شکل، ممان اینرسی را با کمک قضیه محورهای موازی نسبت به محورهای x و y به‌دست می‌آوریم:

$$I_{x1} = I_{xG1} + (A_1 . d_{y1}^{2})$$

$$I_{x2} = I_{xG2} + (A_2 . d_{y2}^{2})$$

$$I_{y1} = I_{yG1} + (A_1 . d_{x1}^{2})$$

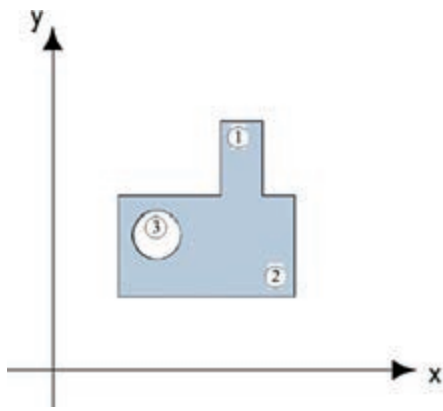
$$I_{y2} = I_{yG2} + (A_2 . d_{x2}^{2})$$

حال برای ممان اینرسی کل شکل حول محور x, y آنها را با هم جمع خواهیم کرد:

$$I_X = I_{X1} + I_{X2} = \left[I_{xG1} + (A_1 . d_{y1}^{2})\right] + \left[I_{xG2} + (A_2 . d_{y2}^{2})\right]$$

$$I_Y = I_{Y1} + I_{Y2} = \left[I_{yG1} + (A_1 . d_{x1}^{2})\right] + \left[I_{yG2} + (A_2 . d_{x2}^{2})\right]$$

نکته



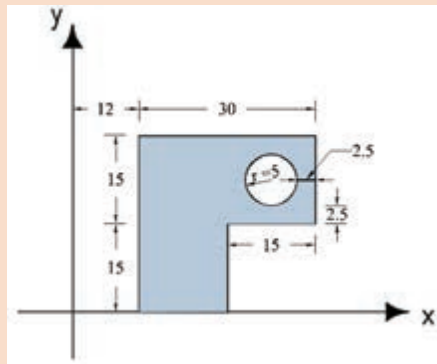
همان‌طور که در گشتاور اول سطح اجسام مرکب بحث شد اگر جسم توخالی باشد، ممان اینرسی جسم توخالی را از کل شکل کسر می‌کنیم.

$$I_X = \left[I_{xG1} + (A_1 . d_{y1}^{\,2})\right] + \left[I_{xG2} + (A_2 . d_{y2}^{\,2})\right] - \left[I_{xG3} + (A_3 . d_{y3}^{\,2})\right]$$

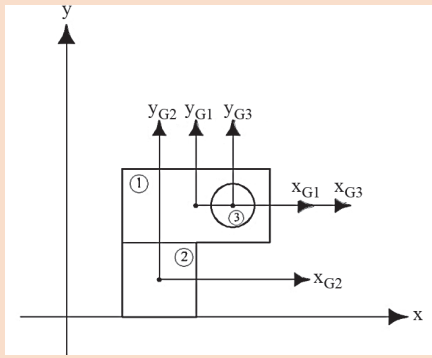
$$I_Y = \left[I_{yG1} + (A_1 . d_{x1}^{\,2})\right] + \left[I_{yG2} + (A_2 . d_{x2}^{\,2})\right] - \left[I_{yG3} + (A_3 . d_{x3}^{\,2})\right]$$

مثال

در شکل زیر ممان اینرسی را نسبت به محورهای x و y به‌دست آورید. (واحدها بر حسب سانتی‌متر است)



ابتدا شکل مرکب را به شکل‌های مجزا تقسیم‌بندی کرده و مرکز سطح تقریبی هر کدام را با یک نقطه معلوم می‌کنیم، مقادیر ممان اینرسی نسبت به محورهای گذرنده از مرکز سطح هر تک شکل را با استفاده از فرمول‌های جدول صفحه ۴۷ به‌دست می‌آوریم:



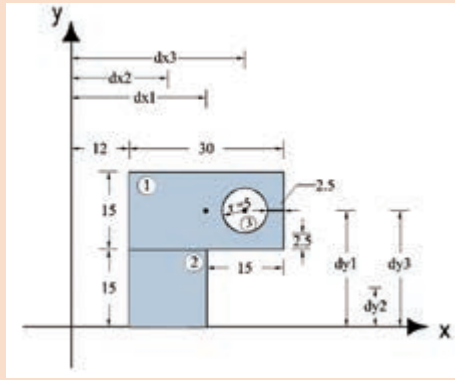
$$I_{xG1} = \frac{b.h^3}{12} \Rightarrow I_{xG1} = \frac{30 \times 15^3}{12} = 8437/5\,cm^4$$

$$I_{yG1}=\frac{h.b^3}{12}\Rightarrow I_{yG1}=\frac{15\times20^3}{12}=10000cm^4$$

$$I_{xG2}=I_{yG2}=\frac{b^4}{12}\Rightarrow I_{xG2}=I_{yG2}=\frac{15^4}{12}=4218/75cm^4$$

$$I_{xG3}=I_{yG3}=\frac{\pi.r^4}{4}\Rightarrow I_{xG3}=I_{yG3}=\frac{3/14\times5^4}{4}=490/62cm^4$$

مقادیر d_x، d_y (فاصله مرکز سطح تک شکل تا محورهای x, y) و مساحت(A) هر کدام از تک‌شکل‌های نشان داده روی شکل پایین را به‌دست می‌آوریم:



$$A_1=30\times15=450cm^2 \qquad A_2=15\times15=225cm^2$$

$$d_{x1}=12+\frac{30}{2}=27cm \qquad d_{x2}=12+\frac{15}{2}=19/5cm$$

$$d_{y1}=15+\frac{15}{2}=22/5cm \qquad d_{y2}=\frac{15}{2}=7/5cm$$

$$A=\pi\times r^2=3/14\times5^2=78/5cm^2$$

$$d_{x3}=12+30-2/5-5=34/5cm$$

$$d_{y3}=15+\frac{15}{2}=22/5cm$$

حال برای هر تک شکل، ممان اینرسی را با کمک قضیه محورهای موازی نسبت به محورهای x و y انتقال می‌دهیم:

$$I_X = I_{X1} + I_{X2} - I_{X3}$$

$$= \left[I_{xG1} + (A_1 . d_{y1}^{2})\right] + \left[I_{xG2} + (A_2 . d_{y2}^{2})\right] - \left[I_{xG3} + (A_3 . d_{y3}^{2})\right]$$

$$I_Y = I_{Y1} + I_{Y2} - I_{Y3}$$

$$= \left[I_{yG1} + (A_1 . d_{x1}^{2})\right] + \left[I_{yG2} + (A_2 . d_{x2}^{2})\right] - \left[I_{yG3} + (A_3 . d_{x3}^{2})\right]$$

می‌توان طبق جدول زیر نتایج را با استفاده از فرمول فوق به‌دست آورد:

سطوح	I_{xG}	I_{yG}	A (cm^2)	d_x(cm)	d_y(cm)	I_{XG}	I_{YG}
۱	۸۴۳۷/۵	۱۰۰۰۰	۴۵۰	۲۷	۲۲/۵	۲۳۶۲۵۰	۳۳۸۰۵۰
۲	۴۲۱۸/۷۵	۴۲۱۸/۷۵	۲۲۵	۱۹/۵	۷/۵	۱۶۸۷۵	۸۹۷۷۵
۳	۴۹۰/۶۲	۴۹۰/۶۲	۷۸/۵	۳۴/۵	۲۲/۵	-۴۰۲۳۱/۴۴	-۹۳۹۲۵/۲۵
جمع	—	—	—	—	—	**۲۱۲۸۹۳/۷۶**	**۳۳۳۸۹۹/۷۵**

$$I_X = ۲۱۲۸۹۳ / ۷۶ cm^4 \qquad I_Y = ۳۳۳۸۹۹ / ۷۵ cm^4$$

مشخصات هندسی مقاطع نورد شده فولادی

برای هر یک از مقاطع فولادی نورد شده تیرآهن، ناودانی، نبشی و ... مشخصاتی طبق کارخانه سازنده آن کشور تعبیه شده است. بر حسب کارخانه سازنده، هر کدام از پروفیل‌ها دارای مشخصاتی از جمله عرض بال، ضخامت بال، ضخامت جان،سطح مقطع، وزن هر متر طول، ممان اینرسی، اساس مقطع و... می‌توان به خصوصیات یک تک پروفیل اشاره کرد.

همانطور که می‌دانید مشخصات جداول پروفیل‌های فولادی مربوط به یک پروفیل می‌باشد، اما اگر ما بخواهیم دو یا چند پروفیل را کنار هم قرار بدهیم و ممان اینرسی و اساس مقطع جفت پروفیل را حساب کنیم با استفاده از قضیه محورهای موازی ممان اینرسی را حساب کرده و اساس مقطع را نیز به دست خواهیم آورد.

در ضمیمه کتاب مشخصات پروفیل‌های مختلف آورده شده است.جدول صفحه بعد مربوط به تیرآهن IPE می‌باشد.

به عنوان مثال خصوصیات IPE۱۴ را از جدول فوق استخراج کردیم که مقادیر زیر می‌باشند:

جدول

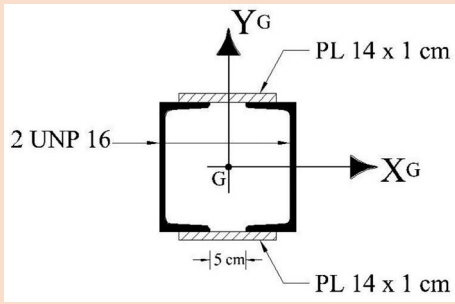
ارتفاع مقطع	h=۱۴ cm	ممان اینرسی حول محور x	I_x=۵۴۱ cm^4
عرض بال	b=۷/۳ cm	ممان اینرسی حول محور y	I_y=۴۴/۹ cm^4
ضخامت جان	t_s=۰/۴۷ cm	اساس مقطع حول محور x	S_x=۷۷/۳ cm^3
ضخامت بال	t_s=۰/۶۹ cm	اساس مقطع حول محور y	S_y=۱۲/۳ cm^3
سطح مقطع تیرآهن	A=۱۶/۴ cm^2		
وزن یک متر از تیرآهن	G=۱۲/۹ kg		

محاسبه ممان اینرسی و اساس مقطع مقاطع دوبل فولادی

اگر بخواهیم ممان اینرسی حول محور x و y (گذرنده از مرکز سطح) دو عدد تیرآهن را به دست بیاوریم ابتدا ممان اینرسی I_x و I_y تک پروفیل را از جدول استخراج کرده و به اضافه ($A . d^2$) خواهیم کرد که در نهایت ممان اینرسی جفت تیرآهن به دست می‌آید.

مثال

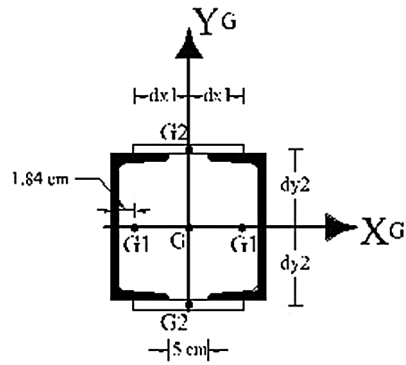
دو تیرآهن مطابق شکل صفحه بعد به هم چسبیده‌اند. مطلوب است:
الف) ممان اینرسی مقطع مرکب حول محور X_G و Y_G (گذرنده از مرکز سطح کل شکل).
ب) اساس مقطع مرکب حول محور X_G و Y_G (گذرنده از مرکز سطح کل شکل).



حل: ابتدا مشخصات هندسی مقطع تک ناودانی UNP۱۶ را از جدول اشتال استخراج می‌کنیم:

$I_x = ۹۲۵ cm^۴$ و $I_y = ۸۵/۳ cm^۴$ و $A = ۲۴ cm^۲$ و $b = ۶/۵ cm$ و $h = ۱۶ cm$ و $e_z = ۱/۸۴ cm$

مرکز سطح هر کدام از ناودانی‌ها و پلیت‌ها را با نقطه G۱ و G۲ معلوم کرده و فاصله آنها را تا مرکز سطح کل شکل(نقطه G) در جهت x و y با علامت d_x و d_y نشان می‌دهیم:



همانطور که از شکل فوق معلوم است نقطه G۱ مرکز سطح یک ناودانی، G۲ مرکز سطح یک پلیت و G مرکز سطح کل شکل می‌باشد. فاصله مرکز سطح ناودانی با مرکز سطح کل شکل در جهت افقی را با $d_{x۱}$ و فاصله مرکز سطح پلیت با مرکز سطح کل شکل در جهت قائم را با $d_{y۲}$ نشان دادیم. همان‌طور که از شکل معلوم است چون نقطه G و نقطه G۱ بر روی یک خط افقی قرار گرفته‌اند فاصله بین مرکز سطح ناودانی با مرکز سطح کل شکل در جهت قائم($d_{y۱}=۰$) برابر صفر و فاصله بین مرکز سطح پلیت با مرکز سطح کل شکل در جهت افقی ($d_{x۲}=۰$) برابر صفر می‌باشد.

$$d_{x1} = ۶/۵ - ۱/۸۴ + \frac{۵}{۲} = ۷/۱۶\,cm \qquad d_{y1} = ۰$$

$$d_{x2} = ۰ \qquad d_{y2} = \frac{h}{۲} + \frac{۱}{۲} = \frac{۱۶}{۲} + \frac{۱}{۲} = ۸/۵\ cm$$

حال برای ممان اینرسی جسم مرکب حول محور X_G و Y_G، با استفاده از قضیه محورهای موازی آن را نسبت به محورهای گذرنده از نقطه G (مرکز سطح کل شکل) انتقال می‌دهیم:
به‌دلیل اینکه شکل نسبت به هر دو محور X_G و Y_G متقارن می‌باشد، پس با استفاده از قضیه محورهای موازی برای یکی از ناودانی‌ها و پلیت‌ها ممان اینرسی را حساب کرده و در تعدادشان ضرب می‌کنیم:

$$I_X = ۲.\left[I_{XG} + (A.d_{y1}{}^{۲})\right] + ۲.\left[\frac{b\times h^{۳}}{۱۲} + (A.d_{y2}{}^{۲})\right]$$

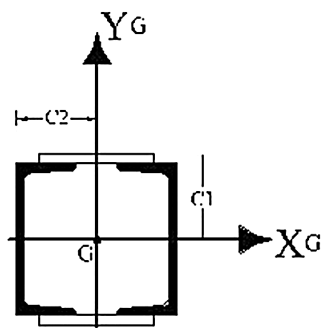
$$I_X = ۲\times\left[۹۲۵ + (۲۳/۹۰^{۲})\right] + ۲\times\left[\frac{۱۴\times۱^{۳}}{۱۲} + ((۱۴/۱).۸/۵^{۲})\right]$$

$$\Rightarrow I_X = ۳۸۷۵/۳۳\,cm^{۴}$$

$$I_Y = ۲.\left[I_{YG} + (A.d_{x1}{}^{۲})\right] + ۲.\left[\frac{h\times b^{۳}}{۱۲} + (A.d_{x2}{}^{۲})\right]$$

$$I_Y = ۲\times\left[۸۵/۳ + (۲۴/۷/۱۶^{۲})\right] + ۲\times\left[\frac{۱\times۱۴^{۳}}{۱۲} + ((۱۴/۱).۰^{۲})\right]$$

$$\Rightarrow I_Y = ۳۰۸۸/۶۸\,cm^{۴}$$



ب) برای به‌دست آوردن اساس مقطع جفت تیرآهن باید فاصله دورترین تار مقطع تا مرکز سطح کل شکل در جهت افقی و قائم را مطابق شکل زیر به‌دست آوریم:

$$S_x = \frac{I_{xG}}{C۱} \qquad S_y = \frac{I_{yG}}{C۲}$$

C_1: فاصله دورترین تار مقطع در جهت قائم (جهت y) از مرکز سطح کل شکل

$$C_1 = \frac{h}{2} + 1 = \frac{16}{2} + 1 = 9\,cm$$

C_2 : فاصله دورترین تار مقطع در جهت افقی (جهت x) از مرکز سطح کل شکل

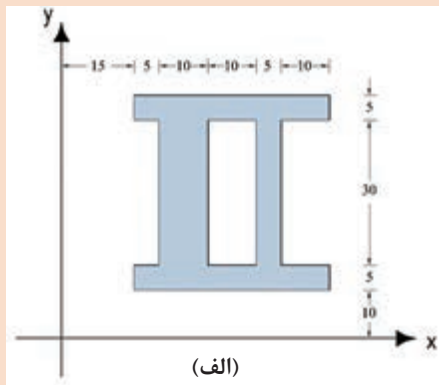
$$C_2 = b + \frac{5}{2} = 9\,cm$$

$$S_x = \frac{I_x}{C_1} \Rightarrow S_x = \frac{3875/33}{9} = 430/59\,cm^3$$

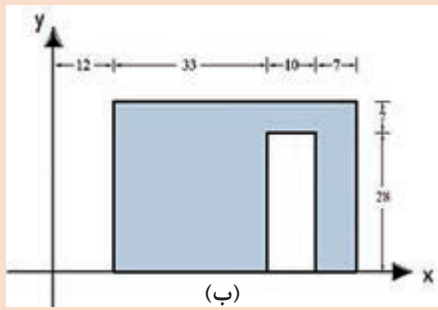
$$S_y = \frac{I_y}{C_2} \Rightarrow S_y = \frac{3088/68}{9} = 343/19\,cm^3$$

تمرین

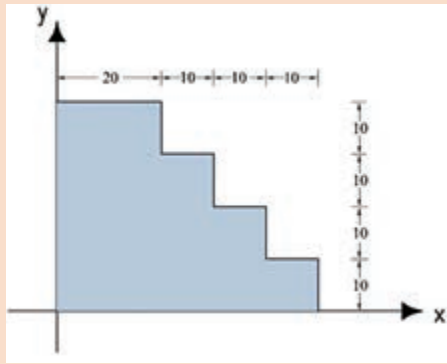
۱ در شکل‌های زیر ممان اینرسی سطوح رنگ شده را نسبت به محورهای x و y (خارج از شکل) به‌دست آورید.
(واحدها بر حسب میلی‌متر است)



(الف)



(ب)

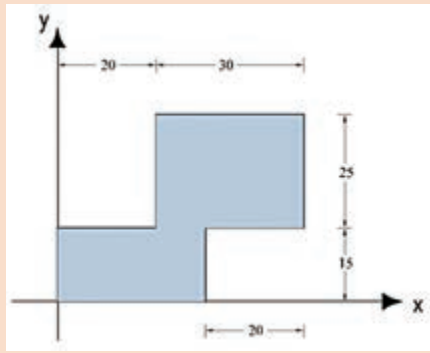


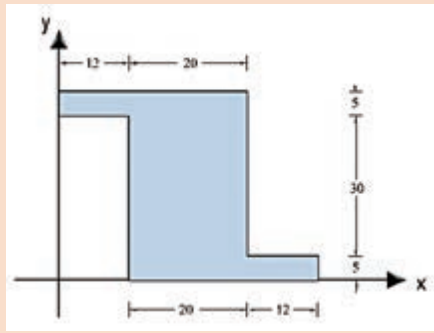
۲ در شکل‌های زیر:

الف) ممان اینرسی (I_x و I_y) نسبت به محورهای گذرنده از مرکز سطح کل شکل را به‌دست آورید.

ب) اساس مقطع (S_x و S_y) نسبت به محورهای گذرنده از مرکز سطح کل شکل را به‌دست آورید.

(واحدها بر حسب میلی‌متر است)



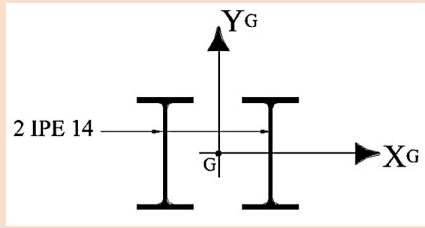


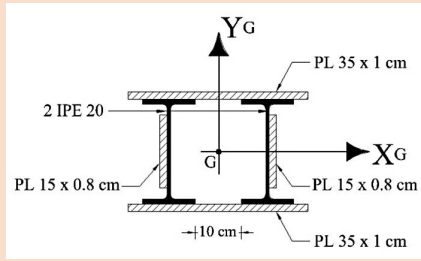
۳ در مقاطع مرکب زیر مطلوب است:

الف) ممان اینرسی (I_x و I_y) نسبت به محورهای گذرنده از مرکز سطح کل شکل را به‌دست آورید.

ب) اساس مقطع (S_x و S_y) نسبت به محورهای گذرنده از مرکز سطح کل شکل را به‌دست آورید.

(واحدها بر حسب میلی‌متر است)





پودمان ۵

کسب اطلاعات فنی

سرآغاز (سخنی با هنرآموزان محترم)

درسنامهٔ حاضر راهنمای پودمان پنجم کتاب دانش فنی تخصصی است و بیشتر مطالب آن برگردان متون و لغات آورده شده در آن پودمان به زبان فارسی می‌باشد. تلاش بر آن بوده که نکات لازم در خصوص اصطلاحات و درک مطلب متون انگلیسی پودمان پنجم و نیز ترجمه تمام لغات در این بخش آورده شود. لازم به ذکر است که معمولاً مترجمان، متن ترجمه شده را با قواعد دستوری زبان خود ویرایش کرده و در صورت نیاز لغاتی را به آن اضافه و یا از آن کم می‌کنند تا درک مطلب آن برای مطالعه‌کنندگان ساده‌تر و متن روان‌تر شود. این تغییرات ایجاد شده در متن برای مطالعه ساختارهای زبانی مناسب نیست. همچنین پیدا کردن معادل تمام لغات در متن ترجمه شده در این روش میسر نیست. در این درسنامه سعی بر آن شده تا در حد امکان از ترجمه تحت اللفظی استفاده شود و تغییر در ساختار متون ترجمه شده به‌حداقل برسد تا هنرآموزان محترم بتوانند معادل انگلیسی تمام لغات ترجمه شده را در متون انگلیسی مربوط به آن پیدا کنند. پیشنهاد می‌شود ضمن مطالعه بخش‌های مورد نظر این بخش، در صورت نیاز به فایل صوتی تلفظ لغات و متون درس نیز مراجعه فرمایید. در خصوص طرح سؤالات امتحان کلاسی و پایانی هنرآموزان می‌توانند از فرمت نمونه سؤال انتهای این درسنامه استفاده نمایند. تعداد جلسات پیشنهادی برای پودمان پنجم هفت هفته (۲ جلسهٔ ۱/۵ ساعته در هفته) می‌باشد.

مقدمه

کارکرد اصلی زبان ایجاد ارتباط و انتقال اطلاعات از شخصی به شخص دیگر است. در سراسر دنیا حداقل ۷۰۰۰ زبان زنده وجود دارد. زبان چینی با ۱,۳۹۰,۰۰۰,۰۰۰ نفر استفاده‌کننده بومی پرشمارترین زبان دنیا به‌شمار می‌رود. وقتی مردم برای ارتباط با یکدیگر و انجام تجارت و خرید و فروش کالا به یک زبان واحد نیاز پیدا کردند، زبان انگلیسی را به عنوان زبان بین‌المللی مورد استفاده قرار دادند. یکی از دلایل انتخاب آن ساختار ساده‌تر زبان انگلیسی نسبت به دیگر زبان‌های رایج در روابط بین‌المللی بود. هم اکنون بسیاری از افراد در دنیا به زبان انگلیسی تسلط دارند و بسیاری هم درحال یادگیری این زبان هستند. زبان انگلیسی به‌عنوان زبان مادری در کشورهای انگلستان، آمریکا، کانادا، استرالیا، نیوزیلند، آفریقای جنوبی و غنا استفاده شده و در بسیاری کشورهای دیگر نیز کاربرد دارد. انگلیسی امروزه از نظر تعداد استفاده‌کنندگان بومی، پس از چینی و اسپانیایی، سومین زبان جهان است. تعداد کسانی که زبان مادری‌شان انگلیسی است امروزه حدود ۴۰۰ میلیون نفر است.

تفاوت زبان عمومی و زبان تخصصی

هدف از آموزش زبان عمومی (General English) تقویت مهارت‌های اصلی زبان می‌باشد. چهار مهارت اصلی یعنی خواندن Reading، نوشتن Writing، صحبت کردن Speaking و گوش دادن Listening، مهارت‌های چهارگانه زبان انگلیسی و یا هر زبان دیگر هستند. مهارت‌های گرامر هم در این چهار مهارت اصلی ادغام شده و با فراگیری این مهارت‌ها و تمرین و تکرار آن گرامر هم تقویت خواهد شد. آموزش ۴ مهارت زبان انگلیسی در آموزشگاه‌های زبان انجام می‌شود. در مدارس و دانشگاه‌ها بیشتر تمرکز آموزش بر روی انگلیسی آکادمیک Academic English یعنی مهارت خواندن و نوشتن (Writing & Reading) است. و گرامر هم همیشه بخش مهمی از این آموزش‌ها می‌باشد.

در زبان عمومی بحث بر روی متون ساده شده Simplified Text است، زیرا متون ساده شده دارای ساختار گرامری ساده‌ای هستند و می‌توان روی گرامر آن بحث کرده و قواعد دستوری به‌کار برده شده در آن را آموزش داد. بنابراین انتظار می‌رود هنرجویان پس از گذراندن زبان عمومی قواعد دستوری کلی و معمول زبان انگلیسی را فراگرفته باشند.

از طرفی زبان تخصصی یا زبانِ فنیTechnical English بر روی لغات، عبارات و اصطلاحاتی که در یک حوزه تخصصی (مثلاً رشته ساختمان) به کار می‌رود تمرکز دارد. در زبان تخصصی از متون اصلی Original Text استفاده می‌شود، یعنی همان متونی که انگلیسی زبان‌ها در مقالات، کاتالوگ‌ها و ژورنال‌ها و دیگر منابع رسمی‌شان به‌کار می‌برند. بنابراین دایره لغاتی که در این متون استفاده می‌شود بسیار وسیع‌تر از زبان عمومی است. همین‌طور قواعد گرامری این متون هم بسیار پیچیده‌تر می‌باشد. از این‌رو در فراگیری زبان تخصصی به ندرت به فراگیری گرامر پرداخته شده و اولویت آن آشنایی با لغات Vocabularies و اصطلاحات Terms می‌باشد. سپس آشنایی با متون اصلی Texts نیز در اولویت‌های بعدی است. این واکاوی متون زبان تخصصی بیشتر در دوره‌های مختلف دانشگاهی انجام می‌شود. در مقطع متوسطه هنرستان انتظار می‌رود هنرجویان بتوانند با تکرار لغات و اصطلاحات پرکاربرد در رشته ساختمان با برخی از آنها آشنایی پیدا کرده و این لغات را به ذهن بسپارند. توصیه می‌گردد در این درس فقط به اولویت اصلی آن یعنی آشنایی با لغات و اصطلاحات در رشته ساختمان پرداخته، و درصورتی که هنرآموز دانش و تخصص کافی در زبان انگلیسی داشته باشد، می‌تواند وارد برخی مباحث گرامری متون کتاب نیز بشود.

دروس منتخب برای این پودمان به‌ترتیب در موضوعات: انواع نقشه‌های ساختمانی، انواع بناها، اجزای مختلف ساختمان، مصالح پرکاربرد ساختمانی، افراد مرتبط با کارگاه ساختمانی و بارها و تنش‌های وارد بر اجزای ساختمان، انتخاب شده‌اند.

بودجه بندی زمانی

*** این طرح درس برای دو زنگ در هفته (زمان مفید مجموع آن حداقل ۱۲۰ دقیقه در هفته باشد) در نظر گرفته شده است.**

هنرآموزان محترم می‌توانند از جدول راهنمای زیر به عنوان طرح درس پیشنهادی این پودمان استفاده نمایند.		مدت زمان تدریس (دقیقه)
هفته اول: از صفحه ۱۳۲ تا ۱۳۵	مقدمه: هدف از یادگیری زبان فنی و اهمیت آن در آینده شغلی هنرجویان، تعریف زبان تخصصی و تفاوت آن با زبان عمومی	۲۰
	نقشه‌های معماری: تلفظ لغات انگلیسی، توضیح اجمالی در مورد این نقشه‌ها (در صورت نیاز).	۱۵
	فعالیت کلاسی ۱	۱۰
	فعالیت کلاسی ۲	۲۰
	فضاهای مختلف یک خانه: پیشنهاد می‌شود هنرآموزان محترم متن انگلیسی را بخوانند تا هنرجویان با تلفظ لغات آشنا شده، سپس توضیح کلی در مورد پاراگراف را بدهند و پس از آن معنی لغات مهم هر پاراگراف را (مثلاً ۵ تا ۱۰ لغت) را ترجمه کنند و از هنرجویان خواسته شود معانی فارسی کلمات را در بالای لغات با مداد یادداشت کنند.	۴۰
	فعالیت کلاسی ۳	۱۵
هفته دوم: از ص ۱۳۶ تا ۱۴۰	Architectural Drawings: پیشنهاد می‌شود هنرآموزان محترم متن انگلیسی را بخوانند تا هنرجویان با تلفظ لغات آشنا شده، سپس توضیح کلی در مورد پاراگراف را بدهند، و پس از آن معنی لغات مهم هر پاراگراف (مثلاً ۵ تا ۱۰ لغت) را ترجمه کنند و از هنرجویان خواسته شود معانی فارسی کلمات را در بالای لغات با مداد یادداشت کنند.	۳۰
	فعالیت کلاسی ۴	۱۵
	آدرس‌نویسی: ابتدا می‌بایست هنرجویان با اصول آدرس‌نویسی آشنا شوند. سپس تلفظ لغات جدول خوانده شود.	۳۰
	فعالیت کلاسی ۵	۲۰
	نقشه‌های سازه‌ای: توضیح مختصر در مورد انواع نقشه‌های سازه‌ای، سپس خواندن متن و ترجمه چند لغت مهم در هر پاراگراف (مثلاً ۵ تا ۱۰ لغت)	۲۵

هفته سوم: از ص ۱۴۱ تا ۱۴۶	دیتایل‌های ساختمانی: پیشنهاد می‌شود متن انگلیسی توسط هنرآموز خوانده و لغات مهم ترجمه شود تا هنرجویان ترجمه آنها را در بالای هر کلمه با مداد یادداشت کنند.	۱۰
	توضیح مختصر راجع به هر دیتایل داده شده و لغات مربوط به آن ترجمه شود. هنرجویان معانی فارسی را روبروی هر لغت با مداد یادداشت کنند.	۲۵
	توضیح مختصر در مورد دسته‌بندی انواع بناها، پیشنهاد می‌شود هنرآموز متن انگلیسی را بخواند تا هنرجویان با تلفظ لغات آشنا شده، سپس توضیح کلی در مورد پاراگراف را بدهند و معنی لغات مهم هر پاراگراف را نیز (مثلاً ۵ تا ۱۰ لغت) ترجمه کند تا هنرجویان معانی آنها را در بالای هر لغت با مداد یادداشت کنند.	۲۰
	فعالیت کلاسی ۶	۱۰
	Construction: پیشنهاد می‌شود هنرآموزان توضیح کلی در مورد دسته‌بندی لغات آورده شده را بدهند و ضمن تلفظ و ترجمه هر لغت، هر جا که نیاز بود در مورد لغت مربوط توضیح لازم را ارائه نمایند.	۴۰
	فعالیت کلاسی ۷	۱۵
	بیشتر بدانیم: برای مطالعه آزاد هنرجویان می‌باشد.	-
هفته چهارم: از ص ۱۴۷ تا ۱۵۰	اجزای مختلف یک ساختمان: پیشنهاد می‌شود متن انگلیسی توسط هنرآموز خوانده و لغات مهم ترجمه شود تا هنرجویان ترجمه آنها را در بالای هر کلمه با مداد یادداشت کنند.	۱۵
	Building components: پیشنهاد می‌شود هنرآموزان توضیح کلی در مورد دسته بندی لغات آورده شده را بدهند و ضمن تلفظ و ترجمه هر لغت، هر جا که نیاز بود در مورد لغت مربوط توضیح لازم را ارائه نمایند.	۳۰
	فعالیت کلاسی ۸	۱۵
	تحقیق کنید: تمرین در منزل می‌باشد. نحوه دسترسی به ترجمه لغات مربوطه به هنرجویان آموزش داده شود.	-
	مصالح ساختمانی: توضیح کلی در مورد مصالح سنتی و مصالح جدید توسط هنرآموز ارائه شود.	۱۰
	فعالیت کلاسی ۹	۲۰
	افراد شاغل در پروژه‌های ساختمانی: پیشنهاد می‌شود تلفظ متن پاراگراف توسط هنرآموز خوانده شده، لغات ترجمه شود و ترجمه آن بالای هر کلمه با مداد نوشته شود. متن روبروی هر تصویر ترجمه و تلفظ لغات آن خوانده شود.	۳۰

هفته پنجم: از ص ۱۵۱ تا ۱۵۲	بارهای اصلی وارد بر ساختمان: هنرآموز در مورد انواع بارهای وارد بر ساختمان توضیح داده، همچنین در مورد چگونگی اثر بارها توضیح داده شود.	۳۰
	فعالیت کلاسی ۱۰: ترجمه شود، سپس هنرجویان به آن پاسخ دهند.	۲۰
	تنش و کرنش محوری: پیشنهاد می‌شود هنرآموزان محترم متن انگلیسی را بخوانند تا هنرجویان با تلفظ لغات آشنا شده، سپس توضیح کلی در مورد پاراگراف را بدهند و پس از آن معنی لغات مهم هر پاراگراف را (مثلاً ۵ تا ۱۰ لغت) ترجمه کنند و از هنرجویان خواسته شود معانی فارسی کلمات را در بالای لغات با مداد یادداشت کنند.	۲۰
	هنرآموز در مورد کلیات مربوط به تنش و کرنش و فرمول‌های مربوط به آن در کلاس توضیحاتی را بدهد.	۵۰
هفته ششم: از ص ۱۵۲ تا ۱۵۴	مثال پایین صفحه ۱۵۲: ترجمه شده و توضیح داده شود.	۲۰
	فعالیت کلاسی ۱۱: متن توسط هنرآموز ترجمه شده سپس از هنرجویان خواسته شود تا با توجه به فرمول‌های داده شده مسئله را حل کنند.	۱۰
	هنرآموز در مورد نمودار تنش ـ کرنش و آزمایش کشش میلگرد توضیحات لازم را به کلاس ارائه دهد.	۳۰
	Strain_stress Diagram: پیشنهاد می‌شود هنرآموزان محترم متن انگلیسی را بخوانند تا هنرجویان با تلفظ لغات آشنا شده، سپس توضیح کلی در مورد پاراگراف را بدهند و پس از آن معنی لغات مهم هر پاراگراف را (مثلاً ۵ تا ۱۰ لغت) ترجمه کنند و از هنرجویان خواسته شود معانی فارسی کلمات را در بالای لغات با مداد یادداشت کنند.	۳۰
	هنرآموز در مورد مفاهیمی همچون: الاستیسیته، پلاستیسیته، قانون هوک، مدول یا ضریب الاستیسیته (یانگ) و فرمول تغییر طول، توضیحات لازم را ارائه دهد.	۳۰
هفته هفتم: از ص ۱۵۴ تا ۱۵۵	فعالیت کلاسی ۱۲: متن توسط هنرآموز ترجمه شده سپس از هنرجویان خواسته شود تا با توجه به فرمول‌های داده شده مسئله را حل کنند.	۳۰
	فعالیت کلاسی ۱۳: متن توسط هنرآموز ترجمه شده سپس از هنرجویان خواسته شود تا با توجه به فرمول‌های داده شده مسئله را حل کنند.	۳۰
	فعالیت کلاسی ۱۴: متن توسط هنرآموز ترجمه شده سپس از هنرجویان خواسته شود تا با توجه به فرمول‌های داده شده مسئله را حل کنند.	۳۰
	فعالیت کلاسی ۱۵: متن توسط هنرآموز ترجمه شده سپس از هنرجویان خواسته شود تا با توجه به فرمول‌های داده شده مسئله را حل کنند.	۳۰
	تحقیق کنید: تمرین در منزل می‌باشد.	-

*** امتحان پایانی و یا کلاسی می‌تواند از لغات متن درس و فعالیت‌های کلاسی باشد. یک نمونه سؤال امتحانی در پایان این کتابچه آورده شده است.**

*** هر هنرجو می‌تواند معنی یک یا چند پاراگراف را به‌طور کامل ترجمه کرده و به عنوان بخشی از نمره کلاسی پودمان تحویل هنرآموز بدهد.**

۹ـ۱ـ نقشه‌های معماری Architectural Drawings

انواع نقشه‌های معماری که هنرجویان قبلاً در کتاب نازک‌کاری پایه دهم و کتاب نقشه‌کشی سال یازدهم هنرستان با آنها آشنا شده‌اند شامل: انواع مختلف پلان‌ها Plan، برش‌ها Section، نما Elevation یا View، ترسیمات سه‌بعدی Isometric and Axonometric، می‌باشد.

پلان: یک دید از بالا یا یک دید افقی از یک جسم است که رابطه فضاهای مختلف آن و مشخصات فیزیکی دیگر را نشان می‌دهد. چند نمونه از این پلان‌ها در کتاب آمده است. از دیگر انواع این پلان‌ها می‌توان به: پلان طبقات چهارم و پنجم و ... اشاره کرد Fourth Floor Plan، Fifth Floor Plan، (و یا 1_{st} Floor، 2_{nd} Floor، 3_{rd} Floor، 4_{th} Floor، 5_{th} Floor، و...

از دیگر انواع پلان‌ها: پلان تقسیم‌بندی فضای حیاط Yard Plan و یا همان پلان محوطه Landscape Plan، پلان طبقات زیر زمین First Basement Plan، Second Basement Plan، و... و پلان تزیینات سقف Reflective Ceiling Plan که تمام این پلان‌ها از نوع معماری هستند (Architectural Plan).

برش: منظره‌ای از حجم و قسمت‌های مخفی یک جسم را با برداشتن قسمتی از شکل نشان می‌دهد. انواع برش‌ها شامل: برش عرضی Cross-Section، برش طولی Longitudinal Section، برش مایل Oblique Section و... هستند.

نما: منظره‌ای از یک ساختمان است. چهار نوع نمای عمودی برای ساختمان وجود دارد، نمای غربی، نمای شرقی، نمای جنوبی، نمای شمالی، و ...

انواع نماها شامل: نماهای خارجی Exterior Elevations و یا نماهای داخلی Interior Elevations هستند. در برخی موارد به نما View هم گفته می‌شود، مثلاً نمای جنوبی را SV می‌نامند، که مخفف کلمه South View است. توجه شود که برای مشخص کردن کلمات مترادف از علامت (/) در کتاب استفاده شده است، مثلاً South View / South Elevation.

نمای شمالی: North View / North Elevation / NV

نمای شرقی: East View /East Elevation / EV

نمای روبرو: Front View /Front Elevation

نمای جانبی: Side View /Side Elevation

نمای جنوبی: South View /South Elevation / SV

نمای غربی: West View /West Elevation / WV

نمای پشت: Rear View / Rear Elevation

نکته

کلمه Façade نیز معنی نما را می‌دهد اما منظور از آن جنس نمای ساختمان است، مثلاً Brick Facade یعنی نمای آجری.

ایزومتریک و آگزنومتریک: ترسیمات ایزومتریک و آگزنومتریک یک راه ساده برای نشان دادن اجسام سه بعدی هستند. انواع ترسیمات سه بعدی Dimentional Drawings ـ۳ شامل: ترسیمات پرسپکتیو Perspective که انواع آن شامل: پرسپکتیو یک نقطه‌ای One-Point Perspective، پرسپکتیو دو نقطه‌ای Two-Point Perspective، پرسپکتیو سه نقطه‌ای Three-Point Perspective و... است. و همچنین ترسیمات ارتوگرافیک Orthographic Projection، ترسیمات خطوط موازی Parallel Projection که انواع آن شامل: Trimetric, Isometric, Dimetric می‌باشد و ترسیمات خطوط مایل Oblique Projection، که زیرشاخه‌های آن شامل: Cabinet، Cavalier، General می‌باشد.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد ترسیمات سه بعدی و به‌طورکلی انواع تصاویر می‌توانید به پودمان اول کتاب نازک‌کاری مراجعه نمایید. در آن قسمت انواع تصاویر و لغات انگلیسی آنها آورده شده است. همچنین می‌توانید جمله "Different types of ۳ـ Dimentional Drawings" را در Google جستجو نموده و در مورد معادل انگلیسی انواع مختلف این ترسیمات (تصاویر) اطلاعات جامع‌تری را به‌دست آورید.

فعالیت کلاسی

جواب:

۱۲ بالکن	۳ ایوان
۶ اتاق تأسیسات (موتورخانه)	۱۰ اتاق مطالعه
۹ اتاق کودک	۸ اتاق ناهارخوری
۱۱ اتاق خواب	۱۳ راه‌پله
۲ اتاق پذیرایی	۵ دستشویی

نکته

معادل انگلیسی دستشویی Lavatory و توالت Water Closet /WC / Toilet می‌باشد. در دستشویی‌های عمومی نیز به دستشویی آقایان Men's room و به دستشویی بانوان Women's room گفته می‌شود. یا عبارات دیگری نظیر: "Restroom For Male" دستشویی آقایان و یا "Restroom For Female" دستشویی بانوان به‌کار برده می‌شود. در برخی کشورهای انگلیسی زبان مانند ایالات متحده از کلمه Bathroom نیز به عنوان سرویس بهداشتی استفاده می‌شود. درصورتی که این کلمه عموماً به معنی حمام است.

نکته

Room در انگلیسی معنی فضا نیز می‌دهد (Space)، مثلاً Dining room ضرورتاً یک فضای بسته نیست، بلکه معنی «فضا یا قسمت ناهارخوری» را می‌دهد.

نکته

Porch به معنی ایوان، یعنی فضای سکوی بیرونی جلوی ساختمان است. ایوان بر روی زمین ساخته می‌شود.

نکته

تفاوت زیادی بین بالکن Balcony و تراس Terrace وجود دارد. فضای بالکن کوچک‌تر است. در مقابل، تراس دارای مساحت بیشتری است، همین‌طور ممکن است مسقف یا بدون سقف باشد. هم بالکن و هم تراس در ارتفاع قرار دارند و مستقیماً روی زمین نیستند. گاهی به دلیل مساحت زیاد تراس‌ها نیاز است در زیر آن ستون باربر طراحی شود. ولی بالکن‌ها بر روی تیرهای طره قرار دارند.

نکته

Stairway راه پله و Staircase محل تعبیه فضای راه پله در پلان است.

نکته

تفاوت بالکن، تراس، پاسیو، بهارخواب، ایوان، نورگیر، و حیاط خلوت:
ایوان به بخشی از ساختمان که مسقف است اما جلوی آن باز است گفته می‌شود. ایوان در طبقه همکف است و حداقل یک سمت آن مشرف به حیاط است. معادل کلمه بالکن در زبان فارسی «ایوانک» است. بالکن از الحاقات آپارتمان محسوب می‌شود و مساحت آن در مساحت آپارتمان و بنا محاسبه می‌گردد. معادل فارسی کلمهٔ تراس «بهار خواب» است. تراس به فضای الحاق شده به آپارتمان گفته می‌شود. در نتیجه مساحت تراس‌ها در محاسبهٔ مساحت آپارتمان‌ها دخالتی ندارد. پاسیو Patio نیز معانی مشابهی از قبیل حیاط خلوت، نورگیر light well، و... دارد.

۱ـ آشپزخانه Kitchen	۲ـ اتاق پذیرایی / اتاق نشیمن Living room / Sitting room
۳ـ ایوان Porch	۴ـ مستراح / توالت Restroom / Toilet or Water Closet (W.C)
۵ـ محل دستشویی Lavatory	۶ـ اتاق تأسیسات / موتورخانه Mechanical room / Boiler room
۷ـ اتاق شستشو Utility room / Laundry room	۸ـ اتاق ناهارخوری Dining room
۹ـ اتاق کودک Kid's room / Small room	۱۰ـ اتاق مطالعه / اتاق اداری Study room / Office room
۱۱ـ اتاق خواب Bedroom	۱۲ـ بالکن (ایوانک) Balcony
۱۳ـ راه پله Stairway	

نکته

تلفظ، نگارش و کلمات زبان انگلیسی در سبک‌های مختلف آن گاهاً تفاوت‌های جزئی دارد. دو سبک اصلی زبان، انگلیسی بریتانیایی BrE، و انگلیسی آمریکایی AmE، می‌باشد. گاهی کلمه‌ای در بریتانیا یک معنی و در آمریکا معنی دیگری دارد. بعضی از کلمات مترادف که با علامت (/) نشان داده شده‌اند می‌توانند شامل آنها باشند؛ به‌طور مثال: Utility room کلمه بریتانیایی و Laundry room کلمه آمریکایی است. به‌کار بردن هردوی این لغات صحیح و معمول است. ولی بهتر است برای نام‌گذاری‌ها فقط از یک سبک استفاده شود و هر دوی آنها را باهم استفاده نکنیم.

نکته

در ادامه تفاوت دو سبک انگلیسی بریتانیایی و آمریکایی در حوزه زبان تخصصی «ساختمان» و به‌طور کلی «بناها» را به‌صورت اجمالی بررسی خواهیم کرد:

i. املای کلمات:

آمریکایی	بریتانیایی	معنی فارسی
Color	Colour	رنگ
Neighboring	Neighbouring	همسایگی / ملک همسایه
Analyze	Analyse	آنالیز
Organization	Organisation	سازمان
Aluminum / Alumineeum	Aluminium	آلومینیوم
Center	Centre	مرکز
Meter	Metre	متر
Story	Storey	طبقه

ii. اسامی مختلف برای یک مفهوم مشترک:

آمریکایی	بریتانیایی	معنی فارسی
Highway	Main road	بزرگراه
Yard	Court / Garden	حیاط
Unit	Flat	واحد آپارتمانی
Elevator	Lift	آسانسور
Grey	Gray	خاکستری
Lumber	Timber	الوار چوب
Postbox	Mailbox	صندوق نامه‌ها / پستی
Sidewalk / Side way	Pavement	پیاده‌رو
Closet	Wardrobe/Cabinet	کمد دیواری
Antenna	Aerial	آنتن
Gas/Gasoline Station	Petrol Station	پمپ بنزین
Subway	Underground	مترو
Apartment	Block	آپارتمان
First Floor	Ground Floor	طبقه همکف
Second Floor	First Floor	طبقه اول
Beltway	Ring Road	جاده کمربندی
❋ Freeway	Motorway	آزاد راه
Zip Code	Post Code	کد پستی
Laundry Room	Utility Room	اتاق تجهیزات (که ماشین لباسشویی و فریزر و... نگهداری می‌شود)

نکته

در ایران بزرگراه‌های شهری با عنوان Expressway (Exp) و آزاد راه‌های خارج از شهر با عنوان Freeway (Fwy) نام‌گذاری می‌شوند.

iii. و همین‌طور تفاوت در گرامر و تلفظ کلمات نیز وجود دارد که برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید با جستجو در کتب گرامر انگلیسی و منابع اینترنتی اطلاعات بیشتری را کسب نمایید.

فعالیت کلاسی

پارکینگ	Garage/ Parking	محل عبور لوله تأسیسات	Duct
حیاط	Yard / Court	دودکش / شومینه	Chimney
محوطه (منظره) خارج ساختمان	Landscape	دیوار	Wall
استخر	Pool	اتاق رختکن (در حمام)	Cloak room
آلاچیق	Bower	تراس	Terrace
حوض	Pond	پاسیو	Patio
اتاق لباس‌های کثیف	Mud's room	اتاق رسانه (تلویزیون و بازی کامپیوتری و..)	Media room
راهرو	Passage	نورگیر (در ساختمان‌های چند طبقه)	Light well
فواره	Fountain	هال در ساختمان‌های عمومی (محل انتظار)	Lobby

از آنجا که ذکر تمام لغات مورد نیاز هنرجویان در این پودمان ممکن نیست، بنابراین این امکان وجود دارد که بعدها هنرجویان در نقشه‌ها و دیگر اسناد به بعضی کلمات نا آشنا برخورد کنند و نیاز باشد معنی آنها را پیدا کنند. در این قسمت هنرجویان می‌بایست با استفاده از فرهنگ لغات انگلیسی به فارسی و حتی انگلیسی به انگلیسی، به جستجوی معنی کلمات داده شده بپردازند. در فرهنگ لغات کوچک معنی کلمات یک بخشی مانند Terrace را می‌توان پیدا کرد. اما کلمات دوبخشی مانند Cloak room نیاز به پیدا کردن هر دو کلمه

به‌صورت جداجدا و سپس حدس زدن کلمه دارد. اما در فرهنگ لغات جامع معنی بیشتر کلمات (حتی کلمات دو بخشی) یافت می‌شوند. گاهی موارد نیز هر کلمه در هر رشته معنی متفاوتی می‌دهد، مثلاً «Well » به‌صورت عمومی به معنی «خوب» و در ساختمان به معنی «چاه» است. بیشتر کلمات در این بخش را می‌توان از فرهنگ لغات پیدا کرد. توصیه می‌شود برای کلماتی که معنی آن در فرهنگ لغات پیدا نشد هنرجویان با جستجوی این کلمات در اینترنت پیدا کردن معنی این کلمات را به‌صورت تمرین در منزل انجام دهند.

نکته

روش‌های پیدا کردن معنی کلمات: ۱ـ جستجو در اینترنت؛ مثلاً با جستجوی این عبارت در گوگل: «معنی کلمه Cloak room به فارسی» ۲ـ با جستجوی این عبارت در گوگل: «Cloak room Definition». ۳ـ با جستجو در قسمت Image در Google و دیدن تصاویر مربوط به لغت خواسته شده و حدس زدن معنی لغت. ۴ـ دانلود نرم افزار دیکشنری تخصصی عمران و جستجوی لغت مورد نظر در آن.

فضاهای مختلف یک خانه Different Spaces of A House

فضای یک خانه می‌تواند به دو قسمت تقسیم‌بندی شود، فضای بیرون و فضای داخل خانه. حیاط، حیاط پشتی، حیاط جلویی، باغچه‌ها، آلاچیق، و محل کباب‌پز (باربکیو) در دسته فضاهای بیرونی قرار می‌گیرند و به آنها محوطه نیز گفته می‌شود. فضای داخل یک ساختمان شامل اتاق‌ها با کاربری‌های مختلف، شامل: اتاق پذیرایی، اتاق‌خواب، آشپزخانه، اتاق ناهارخوری، حمام و غیره می‌باشند.

کلمه انگلیسی	معادل فارسی	کلمه انگلیسی	معادل فارسی
Space	فضا	House *	خانه حیاط‌دار
Can	توانستن	Divide	تقسیم کردن
Into	به	Two	دو
Part	قسمت	Outdoor	بیرون
Indoor	داخل	Yard	حیاط
Back yard	حیاط پشتی	Front yard	حیاط ورودی (حیاط جلویی)
Garden	باغچه	Bower	آلاچیق

Barbeque	محل کباب‌پز (باربکیو)	Area	محل (مساحت)
Category	دسته	They	آنها
Also	نیز / همچنین	Are called	نامیده می‌شوند
Landscape	محوطه	Building	ساختمان
Are consists of	شامل	Room	فضا / اتاق
With	با	Different	متفاوت / گوناگون
Purpose	کاربری / مقصود	Such as	شامل
Living room	اتاق پذیرایی	Bedroom	اتاق‌خواب
Kitchen	آشپزخانه	Dining room	اتاق ناهارخوری
Bathroom	حمام	And etcetera	و غیره..

نکته

لغات home و house هر دو به معنی خانه هستند. home یک لغت انتزاعی (اسم معنی) است. مثلاً می‌گوییم: Iran is my home «ایران خانهٔ من است». اما نمی‌توانیم بگوییم: Iran is my house، و...

فضای بیرون Outdoor

حیاط: یک قسمت کف‌سازی شده روباز به آسمان و نزدیک ساختمان است. دو نوع حیاط وجود دارد، حیاط بسته (مرکزی) و باز. حیاط‌های باز با دیوار یا فنس محصور شده هستند.

حیاط پشتی: یک حیاط است که در قسمت پشت خانه قرار گرفته است.

حیاط جلویی: یک مکانی است که بین خیابان و قسمت جلوی ساختمان قرار دارد.

نکته

حیاط بسته (یا حیاط محصور Enclosed yard) به آن دسته از حیاط‌ها گفته می‌شود که اطراف آن توسط ساختمان دربرگرفته شده است؛ مانند حیاط‌های مرکزی در معماری‌های قدیم ایرانی و حیاط‌های باز حیاط‌های معمول هستند که در بیشتر معماری‌های سبک جدید استفاده می‌شود.

کلمه انگلیسی	معادل فارسی	کلمه انگلیسی	معادل فارسی
Paved	کف سازی شده	Open	باز
Sky	آسمان	Adjacent	مجاور
There are	وجود دارند	Types	انواع
Enclosed	بسته / محصور	Usually	معمولاً
Walled	دیوارکشی شده	Fenced	فنس کشی شده
Back yard	حیاط پشتی	Place	مکان
Front	جلو	Between	بین
Street	خیابان	Neighboring	همسایگی / ملک همسایه
Property line	خط محدوده مالکیت	Side yards	حیاط کناری
Entrance	ورودی ملک	Golha Alley	کوچه گل‌ها

نکته

یادآوری می‌گردد علامت (/) معنی «یا» می‌دهد و نشان‌دهنده کلمات با معنی مترادف است.

عکس‌های فوق حیاط محصور (Enclosed yard) را نشان می‌دهند.

فضای داخل Indoor

اتاق‌خواب: یک اتاق‌خواب در درجه اول برای استراحت یا خواب مورد استفاده قرار می‌گیرد. با وسایلی نظیر تخت‌خواب، کمد دیواری، فرش، صندلی و غیره شکل گرفته است. در خانه‌ها یا ساختمان‌های جدید سه نوع اتاق‌خواب وجود دارد. یک اتاق سایز بزرگ که به آن «اتاق بزرگ Master room» و یا «اتاق پدر و مادر Parent's room» گفته می‌شود. آن بزرگ‌ترین اتاق خانه است. همچنین یک اتاق سایز متوسط که به آن «اتاق متوسط Middle room»، و نیز کوچک‌ترین اتاق که به آن «اتاق کوچک Small room» یا «اتاق بچه‌ها Kid's room» گفته می‌شود.

نکته

مشخصه اتاق بزرگ یا مستر در درجه اول این است که یک سرویس بهداشتی مجزا و خصوصی داشته باشد. بنابراین در خانه‌هایی که اتاق مستر داریم حداقل باید دو سرویس بهداشتی مجزا در کل خانه داشته باشیم.

اتاق نشیمن Sitting room/ اتاق پذیرایی Living room: آن یک اتاق در یک خانه است که افراد می‌توانند در آن بنشینند، صحبت و استراحت کنند. این اتاق از صندلی‌ها، وسایل صوتی و تصویری، مبل، پرده، و غیره تشکیل شده است.

حمام: یک اتاق با یا بدون یک توالت (Toilet) و دست‌شویی (Lavatory) است، در آنجا یک دوش و گاهی یک وان نیز قرار دارد.

سرویس بهداشتی (مستراح Rest room) / سرویس بهداشتی آقایان و سرویس بهداشتی بانوان: این عنوان رسمی‌تری است که برای اصطلاح «توالت» به‌کار گرفته می‌شود.

نکته

اصطلاحات برای سرویس بهداشتی‌های عمومی بیشتر به‌کار می‌رود.

نکته

VS مخفف کلمه Versus یعنی «در مقابل» یا «در برابر» است. برای استفاده از دو کلمه هم‌جنس استفاده می‌شود، مثلاً خوبی VS بدی. و یا تیم فوتبال ایران VS تیم فوتبال اسپانیا.

آشپزخانه: اتاقی است برای پخت و پز و آماده کردن غذا. در آنجا غذای خانواده آماده می‌شود.

اتاق ناهارخوری: جایی است که غذا در آن سرو (خورده) می‌شود. این اتاق شامل وسایلی همچون: صندلی‌ها، میز، و گاهی اوقات یخچال و غیره نیز در آن قرار داده می‌شود.

اتاق مطالعه / اتاق اداری: جایی است که افراد در آن مطالعه یا کار می‌کنند.

کتابخانه: جایی که در آن کتاب‌ها نگهداری می‌شوند.
زیرزمین: یک اتاق در زیر خانه.

نکته

به زیرزمین Basement هم گفته می‌شود. اما Cellar به زیرزمین خانه‌های قدیمی ویلایی گفته می‌شود / آب انبار.

کریدور / راهرو: یک راه عبوری که قسمت‌های مختلف خانه را به‌هم مرتبط می‌سازد.

نکته

Passageway هم معنی کریدور را می‌دهد. در ساختمان‌های معمول بیشتر از لغت Hallway استفاده می‌کنیم.

اتاقک محل نگهداری مواد غذایی: یک اتاق کوچک که برای نگهداری وسایل آشپزخانه و یا پخت و پز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نکته

این اتاقک در طرح خانه‌های سبک جدید درنظر گرفته می‌شود / (برای کسب اطلاعات بیشتر به منابع اینترنت می‌توانید رجوع کنید).

لغت انگلیسی	معادل فارسی	لغت انگلیسی	معادل فارسی
Bedroom	اتاق‌خواب	Is used	استفاده می‌شود
Primarily	در درجه اول	For	برای
Resting	استراحت (مانند خواب)	Or	یا
Sleeping	خوابیدن	Closet Wardrobe	کمد دیواری /
Bed	تخت‌خواب	There are	وجود دارند
Carpet	فرش	Type	نوع
Etc Etcetera	غیره	Big size	سایز بزرگ
Three	سه	Master room	اتاق بزرگ / مستر
Modern	مدرن / جدید	Also	نیز / همچنین
Which is called	که نامیده می‌شود	Middle room	اتاق متوسط
Biggest	بزرگ‌ترین	Small room	اتاق کوچک
Middle size	سایز متوسط	Sitting room	اتاق نشیمن
Smallest	کوچک‌ترین	People	افراد / مردم
Kid’s room	اتاق بچه / کودک	Talk	صحبت کردن
Living room	اتاق پذیرایی	Made up	ساخته شده / تشکیل شده/ گذشته کلمه Make up
Sit	نشستن	TV set	وسایل ست تلویزیون (صوتی و تصویری)
Relax	استراحت کردن (رلکس کردن)	Curtain	پرده
Chair	صندلی	Bathroom	حمام
Sofa	مبل	Wash	شستن
Place	مکان	Often	اغلب / بیشتر اوقات

Hand	دست	Shower	دوش
Bathtub	وان حمام	Men’s room	سرویس بهداشتی آقایان
Rest room	مستراح / سرویس بهداشتی	Women’s room	سرویس بهداشتی بانوان
VS / Versus	در مقابل	Polite	مؤدب
More	بیشتر	Word	لغت
Term	اصطلاح	Cooking	پخت و پز
Kitchen	آشپزخانه	Preparation	آماده کردن
Food	غذا	All	همه
It is where	جایی که	Family	خانواده
Food / Meal	غذا	Dining room	اتاق ناهار خوری
Prepared	آماده شدن	Contain	شامل
Serve	میل کردن / مودبانهٔ کلمه Eat	Ref /Refrigerator	یخچال
Table	میز	Office room	اتاق اداری
Study room	اتاق مطالعه	Study	مطالعه کردن
Work	کار کردن	Book	کتاب
Library	کتابخانه	basement / Cellar	زیرزمین یا آب‌انبار
Are kept	نگهداری می‌شوند / گذشته keep	Corridor	راهرو
Underneath	پایین‌تر از زمین / زیرزمین	Passage	راهرو (راه عبوری)
Hallway	راهرو	Parts	قسمت‌ها
Connecting	اتصال دادن	Used to	استفاده می‌شود برای
Pantry	اتاقک محل نگهداری مواد غذایی	Items	موارد
Store	ذخیره کردن		

فعالیت کلاسی

(جواب این فعالیت با مراجعه به عکس نشان داده شده در صفحه اول این پودمان قابل مشاهده است. همچنین می‌توانید از جدول زیر استفاده نمایید.)

شماره	لغت انگلیسی	معادل فارسی
۱	Staircase	راه پله
۲	Balcony	بالکن (ایوانک)
۳	Middle room	اتاق متوسط
۴	Kitchen	آشپزخانه
۵	Bath room	حمام
۶	Private hall / Pr.hall	حال خصوصی
۷	Duct	داکت / محل عبور لوله‌های تأسیسات
۸	Hall	هال
۹	Dining room	اتاق ناهارخوری
۱۰	Small room	اتاق کوچک
۱۱	Master room	اتاق بزرگ
۱۲	Living room	اتاق پذیرایی
۱۳	Toilet	توالت
۱۴	Porch	ایوان
۱۵	Closet	کمد دیواری

Architectural Drawings

پلان طبقات: پلان طبقات یک دید از بالا یا یک دید افقی از یک جسم است که رابطه بین اتاق‌ها،

فضاها، و مشخصات فیزیکی دیگر را نشان می‌دهد. در این نقشه‌ها خطوط اندازه دیوارها برای نشان دادن سایز اتاق یا طول دیوارها ترسیم می‌گردد.

سایت پلان / پلان موقعیت: یک سایت پلان معمولاً محل ساختمان، خط محدوده مالکیت زمین، دیوارها، همسایگی‌ها و غیره را مشخص می‌کند.

نکته

به سایت پلان/ پلان موقعیت Location Plan نیز گفته می‌شود.

برش: برش منظره‌ای از مساحت و قسمت‌های مخفی یک جسم را با برداشتن قسمتی از شکل نشان می‌دهد.

نما: یک نما منظره بیرونی یک ساختمان است. چهار نوع نمای عمودی برای ساختمان وجود دارد، نمای غربی، نمای شرقی، نمای جنوبی، نمای شمالی و...

ایزومتریک و آگزنومتریک: ترسیمات ایزومتریک و آگزنومتریک یک راه ساده برای نشان دادن اجسام سه بعدی هستند.

فعالیت کلاسی

شماره	لغت انگلیسی	معنی فارسی
۱	Basement	زیرزمین
۲	Ground floor	طبقه همکف
۳	First floor	طبقه اول
۴	Second floor	طبقه دوم
۵	Stair ramp	بازوی پله / شمشیری پله
۶	Landing	پاگرد
۷	Step	پله
۸	Elevator well	چاه / چاله آسانسور
۹	Roof	سقف (بام)
۱۰	Ceiling	سقف (طبقات)
۱۱	Parapet	جانپناه
۱۲	Ramp	رمپ

لغات مربوط به نقشه

لغت انگلیسی	معادل فارسی
Azadegan HWY / Azadegan Exp Azadegan Expressway/ Azadegan Highway	بزرگراه آزادگان
To The North	به طرف شمال
Martyr	شهید
Martyr Rajaei, St. / Martyr Rajaei Street	خیابان شهید رجایی
Yas, Sq. Yas Square	میدان یاس
The Property	ملک موردنظر
Golha Alley	کوچه گل‌ها
Schematic Map	نقشه شماتیک (بدون مقیاس) / کروکی

نکته

در تابلوها بیشتر از عنوان Shahid استفاده می‌شود. ولی در برخی موارد کلمه شهید نیز ترجمه می‌شود که هردوی آنها صحیح است. مثال: Shahid Ragaei St, و یا Martyr Rajaei St,

چند نمونه مثال آدرس‌نویسی: (آدرس‌ها فرضی می‌باشند، سعی بر آن شده است که مثال‌های آورده شده دربرگیرنده انواع نام‌گذاری‌ها باشد).

۱ استان یزد، میبد، خیابان ولیعصر، خیابان ۲۰ متری گل‌ها، کوچه توحید ۳، بن‌بست سوم، پلاک ۷
No 7, Third Dead end, Tohid 3 Alley, 20 meters Golha St, Valiasr (A.J) St, Meybod, Yazd Province

۲ استان خراسان رضوی، مشهد، خیابان امام رضا، کوچه ۶۰ ام، هتل شباهنگ
Shabahang Hotel, 60th Alley, Imam Reza (A.S) St, Mashhad, KhorasanRazavi Province,

۳ استان کهگیلویه و بویراحمد، جاده یاسوج به نورآباد شوید، روستای چهارطاق، خیابان ۲۲ بهمن، بعد از میدان حافظ، کوچه امید، پلاک ۲۰

No 20, Omid Alley, After Haafez Sq, 22Bahman St, Chahartaagh Village, Yasooj to NoorabadShavid Road, Kohkiloye & Boyerahmad Province

۴ استان گیلان، جاده اسالم به خلخال، ۵ کیلومتری روستا، بلوار پاسداران، خیابان کاج، بن‌بست پنجم غربی، پلاک ۸

No 8, 5th Western St, Kaaj St, Pasdaran Blvd, 5km to The Village, Asaalem to Khalkhan Road, Gilan Province

۵ استان هرمزگان، بندرعباس، بزرگراه غدیر، بعد از چهار راه سعدی، نبش خیابان شهید چمران، جنب ساختمان سپهر، پلاک ۱۰

No 10, Next to the SepehrBldg, in the corner of ShahidChamran St, after Sa'adi Crossroad, Ghdir Exp, Bandarabas, Hormozgan Province

۶ استان تهران، شهریار، بلوار رسول‌اکرم، خیابان معلم، نرسیده به میدان معلم، کوچه صداقت، پلاک ۱۲، طبقه دوم، واحد ۳

Unit 3, Level 2, No 12, Sedaaghat Alley, Moallem Sq, RasoolAkram (PBUH) St, Shahriar, Tehran Province

نکته

کلمات اختصاری AS, PBUH, AJ به‌ترتیب Alayhesalaam, Ajalallah, Peace Be Upon Him می‌باشند، که کلمات احترام نام دارند.

نکته

در نوشتن معادل انگلیسی آدرس‌ها در کتاب اشتباه تایپی به‌وجود آمده که باید به طریق زیر اصلاح شود:

۱ـ Ministry of Education, Shahid Rahaei Bldg, Before Somayeh St, Shahid Sepahbod Gharani St, Ferdowsi Sq, Tehran, Iran.

۲ـ Level 2, The Organisation for Educational Reaserch and Planning, No. 181, In the corner of Shahid Bagheri Ghasrodashti Alley, In front of the Insurance Company, Before Karimkhan Zand Bridge, Shahid Sepahbod Gharani St, Enghelab St, Tehran, Iran.

نقشه‌های سازه‌ای Structural Drawings

پلان فونداسیون: یک دید بالا از فونداسیون می‌باشد که مساحت و محل قرارگیری‌شان را نشان می‌دهد.

پلان ستون‌گذاری: پلانی است که محل و نام ستون را در سازه مشخص می‌کند. سه فاکتور مهمی که در پلان ستون‌گذاری باید در نظر گرفته شود به این شرح است: ۱ـ سایز (ابعاد) ستون‌ها، ۲ـ فاصله بین ستون‌ها، ۳ـ جهت قرارگیری ستون‌ها (مثلاً در ستون‌های مستطیلی، ستون با پروفیل‌های IPE، و یا ستون باکس، و... جهت قرارگیری وجه خاصی از ستون در امتداد شمال اهمیت دارد.)

پلان تیرریزی: این پلان ابعاد و فاصله بین تیرهای فرعی، شاه‌تیرها، تیرهای دوزنده میانی (شناژ مخفی Tie beam)، و ستون‌های نگهدارنده سقف را نشان می‌دهد.

نکته

در پلان تیرریزی، شماره تیرهای هم تیپ با B نشان داده شده که مخفف Beam است و همین‌طور J مخفف Joist است. قسمت‌های خالی نشان داده شده در سقف اصطلاحا Opening نامیده می‌شوند (مانند جای آسانسور، محل عبور لوله‌های تاسیسات Duct، نورگیر و..). همین‌طور به‌محورها Axis گفته می‌شود؛ مثلاً "Axis A" و یا "Axis۲" و...

ترسیمات دیتایل Detail Drawings

دیتایل‌های ساختمانی عموماً به دو دسته تقسیم می‌شوند، دیتایل‌های معماری و دیتایل‌های سازه‌ای. ترسیمات دیتایل قسمت کوچکی از یک بنا را در یک مقیاس بزرگ‌تر نشان می‌دهد. مقیاس‌های معمول برای دیتایل‌های ساختمانی ۱/۲۰ تا ۱/۱ می‌باشند.

دیتیل سقف: (به‌ترتیب از بالا به پایین)

پوشش نهایی (موزاییک، سرامیک و...)، ملات ماسه سیمان، بتن سبک، دال بتنی

دیتیل طبقه همکف: (به‌ترتیب از بالا به پایین)

ملات ماسه سیمان، پوشش نهایی (موزاییک، سرامیک، و...)، ماسه خوب دانه‌بندی شده / ماسه ریز، بتن با عیار سیمان ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب، عایق رطوبتی قیر، لایه لاشه سنگ / گابیون، زمین کوبیده شده.

دیتیل اتصال فونداسیون و ستون: (به‌ترتیب از بالا (چپ) به پایین (راست)

جوش، بیس پلیت، ستون فولادی، پیچ، ملات گروت، میل مهار.

دیتیل ستون مرکب: (به‌ترتیب از چپ به راست)

پوشش بتن ضخامت ۲۵ میلی‌متر، میلگردهای طولی (۴ عدد میلگرد نمره ۱۶)، خاموت ستون (میلگرد نمره ۸ به فواصل هر ۱۵۰ میلی‌متر)، ستون فولادی پروفیل بال پهن HEB (نمره ۲۴۰).

خاموت در مقابل دورپیچ:

ستون با دورپیچ ـ ستون با خاموت

طبقه‌بندی بناها Construction Classification

به‌طور معمول دو دسته‌بندی برای بناها وجود دارد: ساختمان‌ها و بناهای مهندسی

ساختمان‌ها: نوعی از بناهای عموماً با فضای بسته هستند که برای پناه دادن به افراد، حیوانات، مواد و مصالح، ماشین‌ها، فعالیت‌های انسانی و محصولات به‌کار می‌روند. با توجه به کاربری‌شان چند زیرشاخه از ساختمان‌ها شامل: ساختمان‌های مدنی، صنعتی، کشاورزی، حمل و نقل و غیره وجود دارد.

نکته

ساختمان‌ها عموماً یک فضای بسته هستند که توسط سقف، کف و دیوارها محصور شده و با قرار دادن پنجره، در، پله‌ها و... این فضاها به هم مرتبط می‌شوند.

نکته

بناهایی که دارای فضای بسته نیستند حتماً جزو دستهٔ ساختمان‌ها قرار نمی‌گیرند، مانند پل، سد، جاده، راه آهن، و.... البته بعضی از بناها دارای فضای نسبتاً بسته هستند ولی جزو دستهٔ ساختمان‌ها قرار نمی‌گیرند، مانند: تونل.

نکته

ساختمان‌های مدنی که به آنها ساختمان‌های اجتماعی گفته می‌شود.

نکته

فعالیت‌های انسانی مانند ورزشگاه‌ها، بیمارستان‌ها، مساجد و... که افراد در آن فعالیت‌های مختلفی دارند.

نکته

مثال برای انواع ساختمان‌ها در نمودار قسمت بعدی آورده شده است.

بناهای مهندسی: تمام انواع بناها که در دستهٔ ساختمان‌ها به آنها اشاره نشده، می‌باشند. (در آنها اغلب هیچ فضای بسته‌ای وجود ندارد). بناهای مهندسی شامل: بناهایی که مربوط به انواع مختلف سازه‌های مربوط به حمل و نقل (جاده، راه‌آهن، و...)، بناهای ارتباطی (پل، تونل، و...)، سازه‌های آبی (سد، کانال، و...)، خطوط لوله (برای گاز، آب، سوخت، برق، فاضلاب)، و بناهای خاص (دودکش، برج‌های تلویزیونی، آنتن‌ها، مخزن‌ها و ...) می‌باشند.

لغت انگلیسی	معادل فارسی	لغت انگلیسی	معادل فارسی
Generally	عموماً	Main	اصلی
Type	نوع / گونه	Construction	بنا
Building	ساختمان	Engineering Construction	بنای مهندسی
Which are used to	که استفاده می‌شود برای	Shelter	پناهگاه
People	افراد	Animal	حیوانات
Machines	ماشین‌آلات / ماشین‌ها	Human activity	فعالیت‌های انسانی
Products	تولیدات / محصولات	Enclosed space	فضای بسته
Depending on	بسته به	Purpose	کاربری / مقصود
Several	چندین	Subcategories	زیرشاخه
Such as	شامل	Civic / Civil	مدنی / اجتماعی / شهری
Industrial	صنعتی	Agricultural	کشاورزی
Transportation	حمل و نقل	Refer to	مراجعه / مربوط می‌شود به
Other	دیگر	Mention	اشاره کردن
Above	بالا	Category	دسته
Special	خاص	Related to	مربوط می‌شود به
Various	گوناگون	Means of communications	روش‌های حمل و نقل

Road	جاده	Rail	ریل
Etc Etcetera	غیره ..	Communicational	ارتباطی
Bridge	پل	Tunnel	تونل
Hydro technical	سازه‌های آبی	Dam	سد
Cannel	کانال	Pipe line	خطوط لوله
Gas	گاز	Water	آب
Fuel	سوخت	Electricity	برق
Drainage	فاضلاب	Chimney	دودکش
Television Tower	برج‌های تلویزیونی	Antenna	آنتن
Tanks	مخازن		

فعالیت کلاسی

لغت انگلیسی	معادل فارسی
Duplex House	خانه دوبلکس
Tower	برج
Mosque	مسجد
Sport Complex	مجموعه ورزشی / مجتمع
Road	جاده
Airport	فرودگاه
Bridge	پل
Tunnel	تونل
Six-Story Building	ساختمان شش طبقه

نکته

Complex یعنی مجموعه یا مجتمع، مثلاً مجتمع مسکونی می‌شود Residential Complex، و یا مجتمع تجاری می‌شود Commercial Complex، و...

نکته

خانه دوبلکس یک دستگاه خانه است که دارای ۲ طبقه به‌هم مرتبط می‌باشد. ساختمان دوطبقه دو طبقه مجزا از هم هستند.

بناها

دسته‌بندهای مختلف بناها عبارت‌اند از:

۱ـ ساختمان‌ها

➢ ساختمان‌های اجتماعی / مدنی

ـ خانه‌ها

- شخصی / مستقل
  - ویلا (خانه حیاط‌دار در محیط خارج از شهر)
  - خانه حیاط‌دار
  - خانه حیاط‌دار یک طبقه
  - خانه دوبلکس
  - خانه تریبلکس (یک دستگاه خانه با سه طبقه مرتبط به‌هم)
- خانه‌های مجتمعی
  - آپارتمان
  - آسمان‌خراش
  - ساختمان چند طبقه

ـ ساختمان‌های اجتماعی، فرهنگی، توریستی

- بیمارستان، کلینیک / درمانگاه
- ساختمان سینما، ساختمان تئاتر
- مسجد، نمازخانه، کلیسا
- مدرسه، مهد کودک، آموزشگاه / کالج، دانشگاه، کتابخانه
- موزه، سالن همایش
- سالن / مجتمع ورزشی، باشگاه ورزشی
- هتل، خوابگاه، هتل کنار جاده‌ای (بین شهری)، هتل کوچک اطراف شهر، مهمان‌پذیر

- **ساختمان‌های صنعتی**
  - ساختمان‌های تولید
    - کارخانه
    - کارگاه (کارخانه کوچک)
  - ساختمان تدارکات تولید
    - انبارها، سیلوها
    - ساختمان مخازن
- **ساختمان‌های مربوط به کشاورزی و دامداری**
  - پناهگاه حیوانات
    - اصطبل‌ها
  - اتاق تولیدات گیاهی
    - گلخانه
  - انبارهای تجهیزات کشاورزی
    - آلونک (اتاقک کوچک) / Hut
- **ساختمان‌های مربوط به حمل و نقل و ساختمان‌های ارتباطی**
  - ساختمان‌های مربوط به حمل و نقل
    - ترمینال‌ها (ریلی، جاده‌ای)
    - فرودگاه
    - ترمینال‌ها / ایستگاه‌های دریایی

۲ـ بناهای مهندسی

- **بناهای ارتباطی**
  - پل‌ها
  - تونل‌ها
  - جاده
  - ریل
- **بناهای آبی**
  - سد
  - کانال
  - اسکله
- **بناهای خاص**
  - دودکش‌های بزرگ
  - برج
  - و ...

فعالیت کلاسی

جواب مناسب را با زدن علامت «✓» مشخص کنید:

۱- کدام‌یک جزو دستهٔ «بناهای مهندسی» هستند؟

a) پل　c) تونل　e) مسجد　g) مدرسه

b) ویلا　d) بیمارستان　f) سینما　h) کارخانه

جواب سؤال ۱: گزینه‌های a,c

۲- کدام‌یک جزو دستهٔ «ساختمان‌های اجتماعی / مدنی» هستند؟

a) برج　c) ترمینال　e) ویلا　g) خانه دوبلکس

b) فرودگاه　d) گلخانه　f) پنت هوس　h) آپارتمان سه طبقه

جواب سؤال ۲: a,e,g,f,h

نکته

پنت‌هوس یک واحد آپارتمان لوکس و مجلل است که در طبقات آخر یک برج ساخته می‌شود و دارای تراس و یا حیاط بزرگ می‌باشد.

برای هر یک از لغات داده شده یک دسته‌بندی مناسب بنا تعیین کنید:

ساختمان مسکونی　فروشگاه بزرگ

پل عابر پیاده　روگذر ـ زیر گذر

مجموعه ورزشی　فروشگاه

جواب:

لغت	جواب (دسته‌بندی مربوط)	لغت	جواب (دسته‌بندی مربوط)
Residential building	Civic / civil	Mega mall	Civic/ civil
Pedestrian Bridge	Transportation	Overpass-Underpass	Transportation
Sport Complex	Civic / Civil	Supermarket	Civic / civil

بیشتر بدانیم

تخت جمشید

پرسپولیس یک اسم یونانی به معنی «شهر پارسی» است که برروی شهر تاریخی پارسا واقع در ۷۰ کیلومتری شمال شرق شیراز در ایران قرار گرفته است. پارسا به معنی «شهر پارسیان» می‌باشد. ساخت این بنا (مجموعه

تخت‌جمشید) از سال ۵۱۸ قبل از میلاد مسیح تحت فرمان داریوش شاه انجام گرفت. او پارسا را به جای پاسارگاد، که پایتخت قبلی و مقبره داریوش کبیر بود، پایتخت جدید امپراتوری پارسی قرار داد.
شهر پرسپولیس (پارسا / پارسیان) بر روی بلندی‌هایی (terraces) واقع شده که از رودخانه پلور شروع شده و تا یک بلندی مسطح دیگری (terrace) که ۱۲۵۰۰۰ فوت مربع است، ادامه یافته است. این بلندی مسطح کمی بالاتر واقع شده و تا کوه رحمت (the mountain of mercy) ادامه یافته و بخشی از این کوه را تراشیده است. برای ساخت این سطح مسطح، پستی‌های زمین را با خاک و قطعه سنگ‌های سنگین که به‌وسیله گیره‌های فلزی به هم چفت و محکم شده، پر کرده‌اند. بر روی این سطح اولین قصر شهر Persepolis به آرامی ساخته می‌شود. در حدود سال ۵۱۵ قبل از میلاد مسیح ساخت یک راه‌پله عریض و وسیع تا پای قصر آغاز شد. این ورودی دو سویهٔ مجلل به قصر که به راه‌پله پارسی (Persepolitan stairway) معروف است، یک شاهکار هنری از قرینه‌سازی قسمت غربی ساختمان بوده. و ساخت پله‌های بسیار عریض تا افراد بتوانند سوار بر اسب از آن پایین یا بالا بروند یکی دیگر از ویژگی‌های هنری این بنا می‌باشد. انتهای بالای راه پله‌ها به یک حیاط کوچک که در قسمت شمال شرقی این بلندی مسطح قرار گرفته ختم می‌شده و این قسمت روبه‌روی دروازهٔ ملت‌ها (Gate of all Nations) قرار دارد.

بیشتر بدانیم

گنبد سلطانیه: نماد معماری اسلامی و هنر در تاریخ ایرانیان

گنبد سلطانیه یکی از بزرگ‌ترین گنبدهای آجری ساخته شده در جهان است. این مسجد نفیس به‌دلیل نوع دیدگاه معمار (سازنده) آن، طراحی داخلی، و تقسیم فضاها، در دنیا معروف و شناخته شده می‌باشد.
این گنبد (ساختمان گنبد سلطانیه) در ۴۰ کیلومتری شرق زنجان و در داخل استحکامات شهر قدیمی سلطانیه واقع شده است. آن یک ساختمان هشت‌ضلعی است که هر ضلع آن حدوداً ۸ متر است. گنبد سلطانیه در استحکامات قدیمی‌سلطانیه که به آن ارگ (Arg) گفته می‌شود قرار گرفته است. این استحکامات قدیمی‌در یک زمین مسطح به مساحت ۱۸ هکتار قرار گرفته که با دیوارهایی که مشخصه این شهر قدیمی‌است دوره (محصور) شده‌اند. جالب است اشاره شود که این گنبد به عنوان یک الگو در ساخت گنبد بزرگ فلورانس ایتالیا استفاده شده است.

این سازه قدیمی‌ترین «گنبد دوپوش» موجود در ایران است. این گنبد به رنگ آبی و پوشیده از کاشی‌های (کاشی‌های فانتزی) فیروزه‌ای رنگ می‌باشد. سطح زیر سقف در اتاق‌ها با گچ‌بری و آجرهای رنگی تزیین شده است. یک گنبد بلند که از هر نمای ساختمان دید دارد به ارتفاع حدود ۴۸ متر قرار دارد. هشت مناره در اطراف گنبد قرار گرفته‌اند.
در قسمت بالای ساختمان، عمارت‌ها و اتاق‌هایی ساخته شده است. در کناره‌های سقف آیه‌های قرآن و اسماءالله با دست خطی زیبا که نماد هنر ایرانی است نوشته شده‌اند.
ساخت این گنبد در سال ۷۰۳ هجری قمری آغاز و پس از ده سال در ۷۱۳ هجری قمری پایان یافته، و این گنبد را در میان بزرگ‌ترین گنبدهای آجری جهان قرار داده است.
این گنبد که بعد از گنبد سانتا ماریا (مریم مقدس) و ایاسوفیا بزرگ‌ترین گنبد جهان است، دارای سه بخش اصلی ورودی، تربت‌خانه (مقبره)، و سردابه می‌باشد. تزیینات و سازه تربت‌خانه در حقیقت قسمتی از معماری آن دوره بوده که سبکی جدید را در معماری پدید آورد.

اجزای مختلف یک ساختمان Building Components

به‌طور کلی ساختمان‌ها از اجزای معماری و اجزای سازه‌ای، و تجهیزات فنی ساخته (تشکیل) شده‌اند. اجزای سازه‌ای که به‌عنوان اسکلت ساختمان شناخته می‌شوند، پایداری ساختمان را تأمین می‌کنند. ستون‌ها، تیرها و فونداسیون‌ها نمونه‌هایی از اجزای سازه‌ای در یک ساختمان هستند. آنها «اجزای باربر» ساختمان هستند.
اجزای معماری کاربری و رفاه را برای استفاده‌کنندگان از ساختمان تأمین می‌کنند. برای مثال: دیوارهای داخلی، پنجره‌ها، درها، سطوح تمام شده، و غیره، از نمونه‌های اجزای غیر باربر یا همان اجزای معماری یک ساختمان هستند.
تجهیزات فنی به منظور تأمین آسایش بیشتر ساکنین ساختمان ایجاد می‌شوند.
در ادامه انواع اجزای سازه‌ای ساختمان را نام می‌بریم:

اجزای ساختمان

- **اجزای سازه‌ای**
  - فونداسیون
    - فونداسیون منفرد
    - فونداسیون نواری

- فونداسیون مرکب
- فونداسیون گسترده
- شمع فونداسیون

ـ اجزای عمودی

- ستون

نکته

Pillar به‌طور کلی به هر نوع ستون، چه تزیینی، باربر یا غیر باربر می گویند. اما column معمول‌تر است و از این لغت بیشتر استفاده می‌شود.

- دیوارهای باربر

ـ اجزای افقی

- تیر
- تیر فرعی
- دال (صفحه بتنی)

ـ اجزای خاص

- بادبند
- دیوار برشی
- گنبد
- کابل
- طاق

ـ خرپا

ـ راه پله

ـ بام

ـ و غیره (تلفظ etc، اتسترآ می‌باشد. مخفف etcetera)

➢ **اجزای معماری**

ـ دیوارها

- دیوارهای داخلی
- دیوارهای خارجی
- دیوارهای جداکننده

ـ نازک کاری (مانند: سفیدکاری، کف‌سازی و...)

ـ در

ـ پنجره

ـ دودکش
ـ و غیره ...

➢ **تجهیزات فنی**

ـ سیستم آب‌رسانی
ـ سیستم دفع فاضلاب
ـ سیستم گرمایشی
ـ سیستم تهویه هوا
ـ سیستم برق
ـ سیستم گاز
ـ سیستم‌های هشدار و سیستم‌های ارتباطی (تلفن و...)
ـ سیستم دفع زباله
ـ و غیره ...

نکته

Balustrade در شکل، به معنی نرده حفاظ می‌باشد.

هنرجویان با مراجعه به نمودار می‌توانند جواب سؤالات زیر را بیابند. این قسمت یک تمرین و فرصتی برای نوشتن لغات است و می‌تواند کمکی باشد برای حفظ کردن املای انگلیسی لغات. ممکن است جواب‌های زیادی برای سؤال ۱ داشته باشیم، پیشنهاد می‌شود در این قسمت از هنرجویان خواسته شود تا ۵ نمونه از مهم‌ترین اجزا نوشته شود.

۱- جواب سؤال یک: Foundation, column, beam, joist, slab, bracing, and ....

۲- جواب سؤال دو: Single footing, strip footing, combined footing, mat, pile

۳- جواب سؤال سه: mat

۴- جواب سؤال چهار: wall, finishing, door, window, chimney, and ....

۵- جواب سؤال پنج: water supplying, used water disposal, heating, ventilation, and ....

تحقیق کنید

جواب:
تیر لانه زنبوری: Castellated beam
کرسی چینی: Trench Foundation / Rubble trench foundation
شناژ: Tie Beam (که فقط نیروی کششی ـ فشاری تحمل می‌کند) / Strap beam (در پی باسکولی است که لنگر نیز تحمل می‌کند.)

مصالح ساختمانی

معنی لغات داده شده تمرین

معنی فارسی	لغت انگلیسی	معنی فارسی	لغت انگلیسی
قیر	Bitumen	سیمان	Cement
آهک	Lime	بتن	Concrete
موزائیک	Mosaic	بتن مسلح	Reinforced concrete
سرامیک	Ceramic	خاک	Soil
آجر	Brick	شن	Gravel
میلگرد	Steel bar	مرمر	Marble
ملات ماسه سیمان	Sand-cement Mortar	گرانیت	Granite
بلوک سیمانی	Cement Block	آسفالت	Asphalt

افراد شاغل در پروژه‌های ساختمانی

افراد زیادی با مسئولیت‌های منحصر در کارگاه‌های ساخت و یا دفاتر طراحی وجود دارند. لیست آورده شده برخی از عناوین معمول این افراد را نشان می‌دهد:

معنی فارسی	لغت انگلیسی	معنی فارسی	لغت انگلیسی
کارفرما	Contractor	مهندس	Engineer
کارمند	Employer	مهندس عمران	Civil Engineer
نقشه‌بردار	Surveyor	مهندس مشاور	Consulting Engineer
برق کار	Electrician	مهندس تجهیزات	Operating Engineer
لوله‌کش	Plumber	مهندس ناظر	Supervisor Engineer
سرکارگر	Foreman	مدیر پروژه	Project Manager
جوشکار	Welder	مسئول ایمنی HSE	Safety Officer
کارگر	Laborer / Worker	سرپرست کارگاه	Site Superintendent
و غیره	And etc	معمار	Architect

رنگ‌های مختلف کلاه‌های ایمنی

سفید: برای کارمندان رده بالا، شامل: مهندسین، مدیر پروژه، سرپرست کارگاه، مهندسین ناظر، و غیره

آبی: برای کارکنان فنی (پشتیبانی) یا سرویس کاران، شامل: تعمیرکاران، برق کارها، نجارها و کارکنان فنی دیگر.

قرمز: برای آتش‌نشانان

سبز: برای کارمندان بخش ایمنی، شامل: تیم بهداشت محیط (Health Safety Environment / HSE)

خاکستری: برای بازدیدکنندگان

زرد: برای کارگران

قهوه‌ای: برای جوشکاران

بارهای اصلی وارد بر ساختمان

فعالیت کلاسی

۱ـ وقتی بار مهمی‌به ساختمان وارد نمی‌شود ..... می‌تواند استفاده شود.

a) فونداسیون گسترده همراه با شمع　　b) فونداسیون نواری

C) فونداسیون منفرد ❋　　d) فونداسیون گسترده

۲ـ ..... به جهت اعمال ناگهانی یک نیرو به سازه اتفاق می‌افتد.

a) بار ضربه ای❋　　b) بار زنده　　c) بار مرده　　d) بار برف

۳ـ ستون‌ها عموماً تحت‌تأثیر نیروی ..... در ساختمان‌ها قرار می گیرند.

a) محوری❋　　b) برشی　　c) پیچشی　　d) خمشی

۴ـ ..... و ..... بحرانی‌ترین نیرو در تیرها هستند.

a) محوری　　b) برشی❋　　c) پیچشی　　d) خمشی❋

۵ـ بار برف در دسته‌بندی کلی جزء بارهای ..... می‌باشد.

a) عمودی❋　　b) افقی　　c) مایل　　d) هیچ‌کدام

تنش و کرنش محوری

انواع تنش‌های وارد بر ساختمان

همانند انواع مختلف نیروها، چهار نوع تنش به ساختمان‌ها وارد می‌شوند. این تنش‌ها شامل: تنش محوری، تنش برشی، تنش خمشی و تنش پیچشی هستند. در این مبحث به تنش محوری خواهیم پرداخت. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد دیگر انواع تنش‌ها، دانش‌آموزان می‌توانند به منابع پیشنهادی آخر این کتاب مراجعه نمایند.

تنش محوری

نیرو تقسیم بر مساحت، و یا شدت نیروها که در یک محدوده معین پخش شده‌اند تنش نامیده شده، و با حرف یونانی سیگما نشان داده می‌شود. مقدار تنش با تقسیم نیرو F به مساحت A به‌دست می‌آید. دو نوع تنش محوری وجود دارد، تنش فشاری و کششی.

$$\text{تنش} = \frac{\text{نیرو}}{\text{مساحت}}$$

کرنش محوری

کرنش یک پاسخ است از یک سیستم (جسم) به تنش اعمال شده. وقتی یک ماده (مصالح) تحت

یک بار قرار می‌گیرد، آن تولید تنشی می‌کند که باعث تغییر شکل ماده می‌شود. تعریف کرنش، مقدار تغییر شکل در جهت اعمال نیرو تقسیم بر طول اولیه ماده (مصالح) می‌باشد.

$$\text{کرنش} = \frac{\text{تغییر طول}}{\text{طول اولیه}}$$

مثال ۲

شماتیک نشان داده شده در زیر دو ستون با سطح مقطع (مساحت)های مختلف و مقدار مساوی از بار وارده را نشان می‌دهد. کدام‌یک تحت‌تأثیر تنش بیشتری قرار می‌گیرد؟

راه‌حل: تنش در ستون A: تنش در ستون B:

جواب نشان می‌دهد که به ستون A تنش بیشتری نسبت به ستون B اعمال می‌شود.

فعالیت کلاسی

فرض کنید طول اولیه ستون داده شده در مثال قبل ۱ متر باشد، و بعد از اعمال بار طول آن به ۹۹ سانتی متر کاهش یابد. مقدار کرنش ستون را حساب کنید.

نمودار تنش ـ کرنش

رابطه بین تنش و کرنش که یک ماده از خود نشان می‌دهد، در منحنی تنش ـ کرنش آن ماده شناخته می‌شود. این خصوصیت برای هر ماده (مصالح) با مصالح دیگر تفاوت می‌کند و با ثبت مقدار تغییر طول (کرنش) در هر مقدار معین بار کششی یا فشاری (تنش) ـ رابطه تنش ـ کرنش آن مصالح ـ به‌دست می‌آید. این منحنی خواص بسیاری از مصالح، شامل: داده‌ها برای تعیین مدول الاستیسیته، E، را نشان می‌دهد. اگر نیروی کششی به یک میله فولادی اعمال شود، آن میله مقداری تغییر طول خواهد داشت. اگر مقدار نیرو به اندازه کافی کم باشد، منحنی تنش و کرنش متناسب خواهد ماند. این مسئله در نمودار آورده شده به‌عنوان خط مستقیم بین صفر تا نقطه A که آن (نقطه A) حد الاستیک یا حد بازدهی (حد جاری شدن) نامیده می‌شود قابل مشاهده است. بعد از حد الاستیک، ماده دچار تغییرات پلاستیک خواهد شد. تغییر ابعاد پلاستیک (دفرمه شدن پلاستیک) تا نقطه B یعنی حد مقاومت نهایی میله ادامه خواهد داشت. در نهایت نقطه C جایی خواهد بود که میله از هم گسیخته می‌شود، و آزمایش به اتمام می‌رسد.

تعاریف زیر برای درک رابطه تنش ـ کرنش مهم هستند:

الاستیسیته: الاستیسیته خاصیتی از ماده (مصالح) است که آن را قادر می‌سازد تا بعد از برداشته شدن بار خارجی به شکل اولیه‌اش باز گردد.

پلاستیسیته: پلاستیسیته خاصیتی است که به ماده (مصالح) اجازه می‌دهد تا بعد از برداشته شدن بار بدون اینکه در آن ماده شکست صورت بگیرد، به‌صورت تغییر شکل یافته باقی بماند.
قانون هوک: در محدوده الاستیک در منحنی تنش ـ کرنش، تنش و کرنش با هم تناسب دارند. (رابطه مستقیم دارند.)

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

مدول یانگ (ضریب الاستیسیته): مدول یانگ سنجش مقاومت ماده (مصالح) تحت کشش یا فشار در مقابل تغییر طول می‌باشد. علامت آن E و واحد آن همانند واحد تنش است.
مقدار «تغییر طول» که با علامت ΔL نشان داده می‌شود، از معادلهٔ آمده به‌دست می‌آید که در آن F نیرو، L طول اولیه، E مدول الاستیسیته، و A سطح مقطع ماده (مصالح) می‌باشد.

فعالیت کلاسی

مقدار تغییر طول میلهٔ BC نشان داده شده در شکل را تعیین کنید. (که در آن مدول یانگ $E = ۲\times۱۰^{۵} \frac{kg}{cm^{۲}}$ و قطر میله ۲۰mm است.)

فعالیت کلاسی

الف) قطر میله فولادی که طول اولیه آن ۲ متر است، و به آن نیروی حداکثر ۱ تن وارد می‌شود را تعیین کنید. (که تنش مجاز میله ۱۴۴۰$\frac{kg}{cm^{۲}}$، و مدول یانگ $E = ۲\times۱۰^{۵} \frac{kg}{cm^{۲}}$ می‌باشد.)

ب) تغییر طول کلی میله فولادی را تعیین کنید.

فعالیت کلاسی

شکل فعالیت کتاب دو میله دایره‌ای (توپر) با قطرها و جنس‌های (مصالح) مختلف را نشان می‌دهد، (میله بالایی یک میله فولادی با قطر ۵۰mm است. و میله دیگر (میله پایینی) میله آلومینیومی‌با قطر ۳۰mm است.) اگر:

$$E_{steel} = ۲\times۱۰^{۵} \frac{kg}{cm^{۲}}$$

$$E_{aluminium} = ۷/۵\times۱۰^{۴} \frac{kg}{cm^{۲}}$$

تغییر طول کلی میله‌ها را تعیین نمایید.

فعالیت کلاسی

مقدار نیروی کششی مجاز (قابل تحمل) را برای میله دوار (با سطح مقطع دایره‌ای شکل) با قطر ۲۲mm را تعیین کنید. تنش مجاز آن را برابر $۱۴۴۰\frac{kg}{cm^۲}$ در نظر بگیرید.