

مقدمه ناشر

این کتاب، یک کتاب آموزشی برای درس استاتیک کلیه دانشجویان رشته‌های مهندسی است. در این کتاب به صورت خلاصه، مفاهیم مربوط به فصول مختلف استاتیک مرور شده است. علاوه بر این، سعی شده تا با حل مسائل مختلف مربوط به آزمونهای کاردانی به کارشناسی، زمینه آشنایی دانشجویان با نحوه حل مسایل به شیوه تستی فراهم شود.

امیدواریم آنچه در این کتاب به رشته تحریر در آمده است راه‌گشای حل برخی از مسائل موجود در زمینه استاتیک باشد. پست الکترونیک نشر علم عمران info@elme-omran.com آماده دریافت نظرها، پیشنهادهای و انتقادات شما در مورد نشر علم عمران و محصولات آن است.

نشر علم عمران

مقدمه نویسنده

عدم دسترسی دانشجویان رشته‌های مهندسی عمران و معماری به یک مرجع کامل و ساده برای درک مفاهیم درس استاتیک و آشنایی با سؤالات آزمون‌های کارشناسی ناپیوسته، مولف را بر آن داشت تا کتاب حاضر را به جامعه علمی کشور و مخصوصاً دانشجویان رشته‌های مهندسی عمران و معماری تقدیم کند.

تجربه چند سال تدریس مولف در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی نشان داده است که علی‌رغم وجود منابع درسی کامل و پر محتوا در زمینه درس استاتیک، کمبود کتاب‌هایی که به طور خلاصه و کاربردی مطالب مورد نیاز دانشجویان را در بر داشته باشند کاملاً محسوس است. به همین دلیل، در کتاب حاضر سعی بر این بوده است تا با پرهیز از کلی‌گویی، مطالب درسی به نحوی ارائه شوند تا دانشجو بتواند در کم‌ترین زمان ممکن موفق به یادگیری درس شده و نیز برای آزمون‌های کارشناسی ناپیوسته آمادگی لازم را بدست آورد. از آنجایی که سر فصل‌های درس استاتیک بین دانشجویان مقطع کارشناسی و کاردانی مشترک است، کتاب حاضر می‌تواند علاوه بر دانشجویان رشته‌های کاردانی عمران، معماری، مکانیک، صنایع و ...، به عنوان یک منبع درسی مورد استفاده دانشجویان مقطع کارشناسی رشته‌های فوق‌الذکر نیز قرار گیرد.

مولف بر خود لازم می‌داند از زحمات و همکاری‌های نشر علم عمران و به خصوص جناب آقای مهندس مهیار لاجوردی که در تمام مراحل آماده‌سازی این کتاب در کنار ما بودند، صمیمانه تشکر کند.

در خاتمه، از تمام دانشجویان گرامی و اساتید محترم خواهشمندیم که با نظرات سازنده خود ما را در بهتر کردن این کتاب یاری کنند.

نیما خاکزاد رستمی

Nimakhakzad @ yahoo.com

مصطفی محمدی

تهران - پاییز ۱۳۸۶

۱۹	فصل دوم: اجسام صلب
۱۹	۱-۱- انواع حرکت‌ها
۱۹	۱-۱-۱- حرکت انتقالی
۲۰	۱-۱-۲- حرکت دورانی
۲۰	۲-۱- اصل قابلیت انتقال
۲۱	۳-۱- گشتاور
۲۱	۱-۳-۲- گشتاور یک نیرو حول یک نقطه
۲۲	۲-۳-۲- قانون دست راست
۲۴	۳-۳-۲- دو نیروی معادل
۲۴	۴-۳-۲- قضیه وارنیون
۲۴	۵-۳-۲- مؤلفه‌های قائم گشتاور یک نیرو
۲۸	۶-۳-۲- گشتاور یک نیرو حول یک محور
۲۸	۷-۳-۲- گشتاور کوپل
۳۰	۱-۷-۳-۲- کوپل‌های معادل
۳۰	۲-۷-۳-۲- تبدیل یک تک نیرو به یک سیستم کوپل - نیرو
۳۱	۳-۷-۳-۲- تبدیل سیستم کوپل - نیرو به یک تک نیرو
۳۸	۴-۷-۳-۲- سیستم نیروهای معادل
۳۸	۴-۲- جداول آماری تعداد تست‌ها
۳۹	فصل سوم: تعادل اجسام صلب
۳۹	۱-۳- مراحل ترسیم نمودار جسم آزاد
۴۰	۲-۳- تعیین واکنش‌های تکیه‌گاهی
۴۰	۱-۲-۳- تکیه‌گاه‌های یک مجهولی
۴۱	۲-۲-۳- تکیه‌گاه‌های دو مجهولی
۴۱	۳-۲-۳- تکیه‌گاه‌های سه مجهولی
۴۳	۳-۳- انواع معادلات تعادل

۱	فصل اول: استاتیک ذره‌ها
۱	۱-۱- نیروهای وارد بر یک ذره
۲	۱-۱-۱- برآیند دو نیرو
۲	۲-۱- بردار
۲	۳-۱- انواع بردارها
۳	۴-۱- قوانین بردارها
۳	۵-۱- مؤلفه‌های بردار در دستگاه مختصات قائم
۴	۶-۱- بردارهای یک‌ه
۴	۷-۱- برآیند دو بردار
۵	۱-۷-۱- برآیند دو بردار با استفاده از روش مثلث
۶	۲-۷-۱- برآیند دو بردار با استفاده از قانون کسینوس‌ها
۷	۳-۷-۱- برآیند بردارها با استفاده از مؤلفه‌هایشان
۷	۸-۱- ضرب یک عدد (اسکالر) در یک بردار
۸	۹-۱- ضرب برداری دو بردار (ضرب خارجی، ضرب چلیپایی)
۹	۱-۹-۱- ضرب برداری بردارهای یک‌ه
۱۰	۲-۹-۱- ضرب برداری دو بردار بر حسب مؤلفه‌های قائم
۱۰	۱۰-۱- ضرب اسکالر دو بردار (ضرب نقطه‌ای، ضرب داخلی)
۱۱	۱-۱۰-۱- ضرب اسکالر بردارهای یک‌ه
۱۱	۲-۱۰-۱- ضرب اسکالر دو بردار بر حسب مؤلفه‌های قائم
۱۱	۳-۱۰-۱- کاربردهای ضرب اسکالر
۱۲	۱۱-۱- ضرب سه‌گانه (مختلط) سه بردار
۱۲	۱۲-۱- تعادل یک ذره
۱۳	۱-۱۲-۱- تعادل ذره بصورت ترسیمی
۱۳	۲-۱۲-۱- تعادل ذره بصورت جبری
۱۷	۱۳-۱- جداول آماری تعداد تست‌ها

۸۷	۴-۵- جداول آماری تعداد تست‌ها
۸۹	فصل پنجم: نیروهای گسترده، مرکز هندسی
۸۹	۱-۵- مرکز گرانی
۹۰	۲-۵- مرکز هندسی
۹۰	۳-۵- مرکز طول
۹۰	۴-۵- گشتاور اول سطح
۹۱	۵-۵- گشتاور اول خط
۹۲	۶-۵- مرکز هندسی سطوح و خطوط با شکل‌های ساده
۹۴	۷-۵- مرکز هندسی سطوح و خطوط مرکب
۹۶	۸-۵- قضیه‌های پاپوس - گلدینوس
۹۸	۹-۵- بارهای گسترده روی تیرها
۱۰۱	۱۰-۵- جداول آماری تعداد تست‌ها

۱۰۳	فصل ششم: نیروهای داخلی در تیرها
۱۰۳	۱-۶- نیروی داخلی در اعضای دو نیرویی مستقیم
۱۰۳	۲-۶- نیروی داخلی در اعضای دو نیرویی غیر مستقیم
۱۰۴	۳-۶- نیروی داخلی در اعضای چند نیرویی
۱۰۸	۴-۶- برش و گشتاور خمشی در تیر
۱۰۸	۴-۶-۱- قرارداد علامت مثبت برای نیروهای داخلی تیرها
۱۰۹	۴-۶-۲- قرارداد علامت مثبت برای نیروهای خارجی تیرها
۱۰۹	۵-۶- نمودارهای برش و گشتاور خمشی
۱۱۰	۵-۶-۱- روش اول: استفاده از مقاطع
۱۱۲	۵-۶-۲- روش دوم: استفاده از قرارداد نیروهای خارجی
۱۱۸	۵-۶-۳- روش سوم: استفاده از روابط میان بار، برش
۱۲۴	۶-۶- جداول آماری تعداد تست‌ها

۴۴	۳-۴- اجسام از نظر استاتیکی معین و نامعین
۴۴	۳-۴-۱- استاتیکی معین
۴۵	۳-۴-۲- استاتیکی نامعین
۴۶	۳-۵- اجسام کاملاً مقید، ناقص مقید و نامناسب مقید
۴۶	۳-۵-۱- جسم کاملاً مقید (مقید کامل)
۴۶	۳-۵-۲- جسم ناقص مقید
۴۷	۳-۵-۳- جسم نامناسب مقید
۴۸	۳-۶- تعادل اجسام
۴۸	۳-۶-۱- تعادل جسم دو نیرویی
۴۹	۳-۶-۲- تعادل جسم سه نیرویی
۵۷	۳-۷- جداول آماری تعداد تست‌ها

۵۹	فصل چهارم: تحلیل سازه‌ها
۵۹	۴-۱- خرپا
۶۰	۴-۱-۱- خرپای صلب
۶۱	۴-۱-۲- خرپای ساده
۶۱	۴-۱-۳- خرپای ترکیبی
۶۳	۴-۱-۴- خرپای فوق صلب
۶۳	۴-۲- مفصل‌ها تحت شرایط بارگذاری خاص
۶۶	۴-۳- تحلیل خرپا
۶۶	۴-۳-۱- روش مفاصل
۷۰	۴-۳-۱-۱- خرپای متقارن، بارگذاری متقارن
۷۳	۴-۳-۲- روش مقاطع
۷۸	۴-۴- قاب
۷۹	۴-۴-۱- مشخصات قاب
۷۹	۴-۴-۲- نحوه تحلیل قاب‌ها

۲۱۸	۳-۹- سراسری ۷۷
۲۲۲	۴-۹- سراسری ۷۸
۲۲۴	۵-۹- سراسری ۷۹
۲۲۹	۶-۹- سراسری ۸۰
۲۳۵	۷-۹- سراسری ۸۱
۲۴۱	۸-۹- سراسری ۸۲
۲۴۶	۹-۹- آزاد ۸۳
۲۴۷	۱۰-۹- سراسری ۸۴
۲۵۰	۱۱-۹- آزاد ۸۴
۲۵۳	۱۲-۹- سراسری ۸۵
۲۵۷	۱۳-۹- سراسری ۸۶

فصل هفتم: گشتاور لختی سطوح ۱۲۷

۱۲۷	۱-۷- استفاده از روابط انتگرالی برای بدست آوردن گشتاور لختی
۱۲۹	۲-۷- گشتاور لختی سطوح ساده
۱۳۱	۳-۷- استفاده از تقارن در بدست آوردن گشتاور لختی
۱۳۲	۴-۷- گشتاور لختی قطبی
۱۳۳	۵-۷- قضیه محورهای موازی
۱۳۵	۶-۷- گشتاور لختی سطوح مرکب
۱۴۰	۷-۷- شعاع چرخش یک سطح؛ شعاع زیراسیون
۱۴۲	۸-۷- جداول آماری تعداد تست‌ها

فصل هشتم: آزمون‌های کارشناسی ناپیوسته عمران ۱۴۳

۱۴۳	۱-۸- سراسری ۸۰
۱۵۲	۲-۸- سراسری ۸۱
۱۵۹	۳-۸- آزاد ۸۱
۱۶۲	۴-۸- سراسری ۸۲
۱۶۷	۵-۸- آزاد ۸۲
۱۷۰	۶-۸- سراسری ۸۳
۱۷۶	۷-۸- آزاد ۸۳
۱۸۱	۸-۸- سراسری ۸۴
۱۸۶	۹-۸- آزاد ۸۴
۱۹۲	۱۰-۸- سراسری ۸۵
۲۰۰	۱۱-۸- آزاد ۸۵
۲۰۳	۱۲-۸- سراسری ۸۶

فصل نهم: آزمون‌های کارشناسی ناپیوسته معماری ۲۰۹

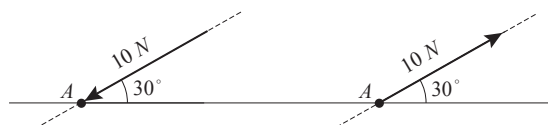
۲۰۹	۱-۹- سراسری ۷۵
۲۱۳	۲-۹- سراسری ۷۶

فصل اول

استاتیک ذره‌ها

۱-۱- نیروهای وارد بر یک ذره

- نیرو نماینده کنش یک جسم بر روی جسم دیگر است و به طور کلی با نقطه اثر، بزرگی، جهت و راستایش مشخص می‌شود.
- نقطه اثر نیرو نقطه‌ای است که نیرو دقیقاً به آن نقطه وارد می‌شود.
- راستای نیرو را خط اثر و جهت نیرو مشخص می‌کند.
- خط اثر همان خط راست و نامحدودی است که نیرو در امتداد آن وارد می‌شود و مشخصه‌اش زاویه‌ای است که با یک محور ثابت (معمولاً محور افقی) تشکیل می‌دهد.



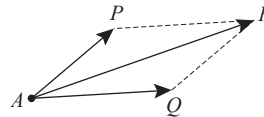
دو نیرو با بزرگی و خط اثرهای برابر و جهت‌های مختلف

توجه: در این مورد، خط اثر نیرو که با محور افقی زاویه 30° ساخته مشخص شده است.

- جهت نیرو با استفاده از یک پیکان نمایش داده می‌شود.
- مادامی که دو نیرو با هم موازی باشند، دارای خط اثرهای برابر هستند (اصطلاحاً در گذشته گفته می‌شد که این دو نیرو هم راستا هستند).
- دو نیرو با بزرگی‌ها و خط اثرهای یکسان که جهت‌هایشان متفاوت باشد اثرهایی کاملاً خلاف هم بر روی یک ذره می‌گذارند.

۱-۱-۱- برآیند دو نیرو

دو نیروی P و Q را که به یک ذره (A) اثر می‌کنند را می‌توان تبدیل به یک تک نیرو (R) کرد که همان اثر را بر روی ذره داشته باشد. این تک نیرو را برآیند نیروهای P و Q می‌گویند که از طریق رسم متوازی‌الاضلاع نیروها بدست می‌آید.



• R قطری از متوازی‌الاضلاع است که از ذره (A) رسم می‌شود.

چون نیرو یک کمیت برداری است، لذا برای درک مسایل مربوط به نیرو باید با بردارها آشنا شده و خواص آنان را بررسی نماییم.

۱-۲- بردار

بردارها کمیت‌هایی هستند که بزرگی و جهت دارند و طبق قانون متوازی‌الاضلاع با هم جمع می‌شوند.

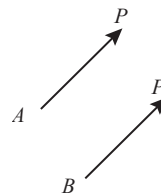
۱-۳- انواع بردارها

الف) بردار ثابت (مقید): بردارهایی هستند که نمی‌توان آن‌ها را بدون تغییر دادن شرایط مسئله حرکت داد مثل: نیروی وارد بر یک ذره معین

ب) بردار آزاد: بردارهایی هستند که می‌توان آن‌ها را آزادانه در فضا به حرکت درآورد مثل: کوپل یا زوج نیرو

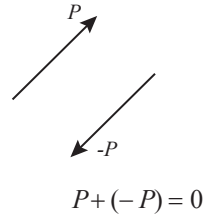
ج) بردار لغزان: بردارهایی هستند که می‌توان آن‌ها را در امتداد خط اثرشان حرکت داد یا لغزاند. مثل نیروی وارد بر یک جسم صلب.

بردارهای برابر: دو بردار را که بزرگی و راستای یکسان داشته باشند (جهت‌های یکسان و خط اثرهای موازی) برابر می‌نامند. این دو بردار می‌توانند نقطه اثرهای متفاوت داشته باشند.



دو بردار برابر

بردارهای قرینه: دو بردار را که بزرگی و خط اثرهای یکسان داشته باشند ولی جهت‌شان مخالف یکدیگر باشند، بردارهای برابر و مخالف و یا بردارهای قرینه می‌نامند. در این صورت یکی از بردارها را با \vec{P} و یکی را با $-\vec{P}$ نشان می‌دهند.

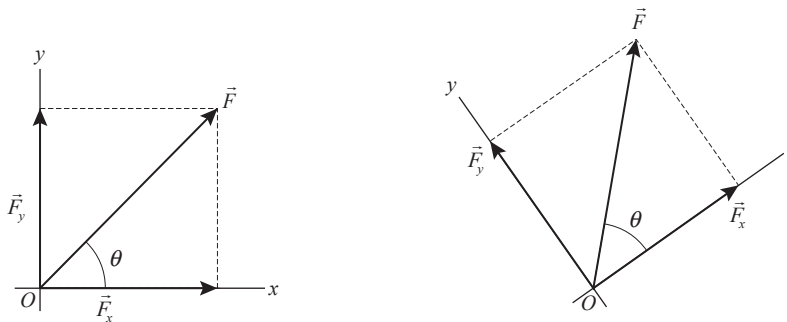


دو بردار قرینه

۱-۴- قوانین بردارها

- جمع دو بردار خاصیت جابجایی دارد. $\vec{P} + \vec{Q} = \vec{Q} + \vec{P} = \vec{R}$
- جمع بردارها خاصیت شرکت‌پذیری دارد. $\vec{P} + \vec{Q} + \vec{S} = (\vec{P} + \vec{Q}) + \vec{S} = \vec{P} + (\vec{Q} + \vec{S})$
- تفریق یک بردار از بردار دیگر عبارتست از جمع یک بردار با قرینه بردار دیگر $\vec{P} - \vec{Q} = \vec{P} + (-\vec{Q})$

۱-۵- مؤلفه‌های بردار در دستگاه مختصات قائم



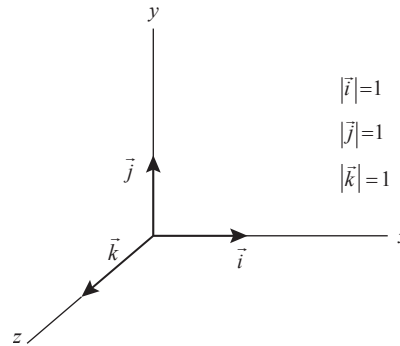
$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$$

از این دستگاه مختصات در سطوح شیب‌دار استفاده می‌کنیم. معمولاً محور xها را در امتداد سطح شیب‌دار انتخاب می‌کنیم.

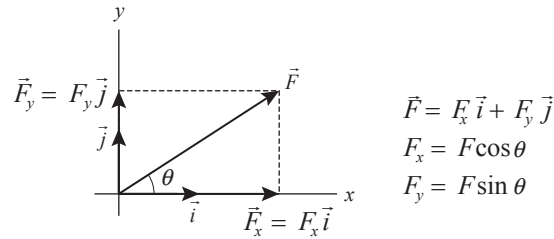
به بردارهای \vec{F}_x و \vec{F}_y مؤلفه‌های بردار \vec{F} می‌گویند. به بردار \vec{F} برآیند دو بردار \vec{F}_x و \vec{F}_y می‌گویند.

۱-۶- بردارهای یکه

بردارهای یکه بردارهایی هستند که دارای بزرگی واحد می‌باشند. معمولاً بردارهای یکه در راستای محور x و y و z را به ترتیب با \vec{i} ، \vec{j} و \vec{k} نمایش می‌دهند.



در حالت دو بعدی، یک بردار را می‌توان بر حسب بردارهای یکه و به شکل زیر نمایش داد.



بزرگی و راستای بردار \vec{F} از روی مؤلفه‌هایش و با استفاده از روابط زیر بدست می‌آیند:

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

$$\theta = \text{Arc tan} \frac{F_y}{F_x}$$

۱-۷- برآیند دو بردار

برای جمع کردن دو بردار و یا به عبارت دیگر، برای بدست آوردن برآیند دو بردار، از چهار روش استفاده می‌شود. (۱) روش متوازی‌الاضلاع (۲) روش مثلث (۳) قانون کسینوس‌ها و (۴) جمع دو بردار با استفاده از مؤلفه‌هایشان.

از آنجایی که روش متوازی‌الاضلاع در بخش ۱-۱-۱ شرح داده شد، در ادامه، سه روش دیگر بررسی می‌گردند.