۱۶

نیروهای استاتیکی در ماشینها

۱۰۱۶ مقدمه

نیروها در ماشین از منابع مختلفی ناشی می‌شوند. این نیروها، نیروهای وزن، مونتاژ، بارهای اعمال شده ونیروهای ناشی ازانتقال انرژیند. همچنین نیروهای اصطکاکی، ماند، فنری، ضربه‌ای ونیروهای ناشی از تغییر دما نیز وجود دارند. تمامی این نیروها بایددر طرح نهایی یك ماشین درنظرگرفته شوند تا قطعات با هم متناسب باشند و آسیب نبینند. دراین‌کتاب اثرتمام این نیروها را به‌غیر از نیروهای ناشی از مونتاژ وضربه و تغییر دما درنظرخواهیم گرفت. برای ملاحظهٔ اثر این نوع نیروها دانشجو باید به‌کتابهای طراحی ماشین مراجعه‌کند.

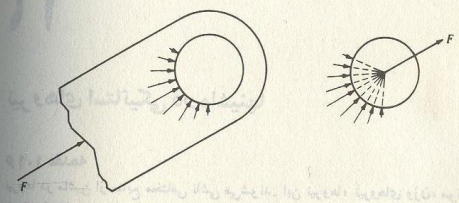
در تحلیل نیروهای استاتیکی وارد براجزای ماشین، از نیروهای ماند (که‌ازشتاب ناشی می‌شوند) صرف‌نظر شده است. اگر نیروهای ماند درمحاسبه‌ها وارد شوند، تحلیل انجام شده را تجزیهٔ دینامیکی نیروها نامند. اغلب نیروی وزن قطعات ماشین در مقایسه با سایر نیروهای استاتیکی موجود ناچیز است وازآنها هم می‌توان درتحلیل استاتیکی نیروها صرف‌نظر کرد. دراین فصل فقط نیروهای استاتیکی درنظرگرفته می‌شوند.

۲۰۱۶ انتقال نیروها در یك ماشین

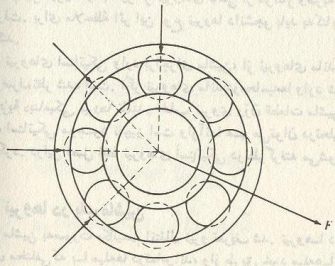
درفصل ۱، یك ماشین به‌صورت مکانیسم انتقال نیرو تعریف شد. نیروها در ماشین از طریق اتصالهای مختلفی‌که با میله‌ها درتماس‌اند، واز طریق خود میله‌ها انتقال داده می‌شوند. نیروی منتقل شده ازیك میله به‌دیگری، درصورت صرف‌نظر کردن از اصطکاك،

عمود برسطوح است. در ماشینهایی که خوب روغنکاری شده‌اند، نیروهای اصطکاکی در مقایسه با سایر نیروهای موجود ناچیزند ومی‌توان آنها را نادیده گرفت.

یك جفت اتصال دورانی به‌وسیلهٔ یك یاتاقان لغزشی یا یك اتصال مفصلی نشان داده می‌شود. درشکل ۱.۱۶ الف، خار مفصل درسوراخ میله ثابت شده است. نیروهای وارد برخار به‌صورت قائم برآن وارد می‌شوند. بنابراین نیروی برایند آنها از مرکزخار می‌گذرد. همچنین بلبرینگها و رولربرینگها (شکل ۱.۱۶ ب) مثالهایی ازجفت‌اتصالهای

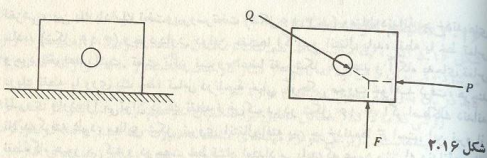


(الف)



(ب)

شکل ۱.۱۶

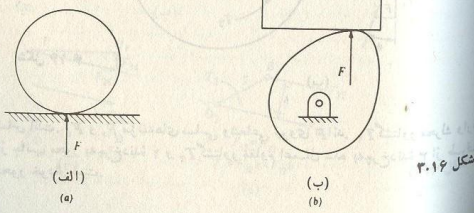


شکل ۲.۱۶

دورانیند. چون نیروها درشکل برسطوح تماس عمودند، بنابراین F نیروی برایند آنهادر مرکز یاتاقان اعمال می‌شود.

یك جفت اتصال لغزشی پایینی، به‌وسیلهٔ هرمیله‌ای‌که روی میلهٔ دیگربلغزد و با سطحی تماس داشته باشد، نشان داده می‌شود. پیستون یا لغزندهٔ (شکل ۲.۱۶) یك‌مثال ازاین نوع‌جفت‌است. فرض‌کنید P و Q نیروهای اعمال شده باشند.آنگاه برایندنیروهای وارد برروی سطح پایینی لغزنده، برابر F است. این نیرو قائم برسطوح تماس وارد می‌شود وباید ازنقطهٔ تقاطع نیروهای P و Q بگذرد. اگرنیروی P درمرکز مفصل وارد شود، نیروی F نیزباید به‌همین‌ترتیب عمل‌کند.

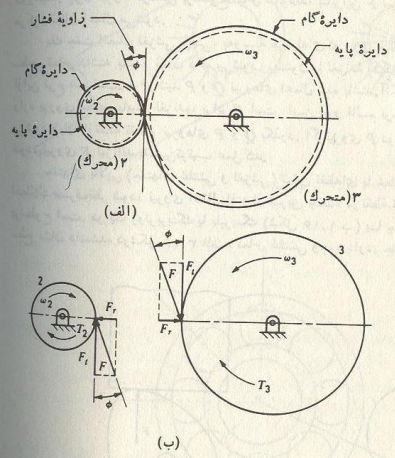
جفتهای بالایی (جفتهای غلتشی و لغزشی) تماس نقطه‌ای یا خطی دارند. اگر از اصطکاك صرف‌نظر شود، نیروی انتقال‌یافته ازطریق جفت، در نقطهٔ تماس آنها عمود برسطوح است. در یك رولربرینگ یا بلبرینگ (شکل ۱.۱۶ ب) یا چرخ غلتان برروی سطح نشان داده‌شده درشکل ۳.۱۶ الف، تماس غلتشی وجود دارد. جفت بالایی باتماس



(الف) (ب)
(a) (b)

شکل ۳.۱۶

لغزشی، بین یك بادامك تخت‌وپیروسرتخت (شکل۳.۱۶ ب) ومیان دندانهٔ چرخ‌دنده‌های ساده، (شکل ۴.۱۶) وجود دارد. دراین جفت‌ها اگرنیرو انتقال یابد، نقطه یا خط تماس وجود نخواهد داشت. تحت تأثیر نیرو، اعضا تغییرشکل می‌دهند و آنگاه به‌جای تماس دریك نقطه یا روی یك خط، تماس درناحیهٔ خیلی کوچکی صورت خواهد گرفت، هرچند نیروی وارده را می‌توان دریك نقطه فرض کرد. در شکل ۴.۱۶، اگر اصطکاك دندانه نادیده‌گرفته شود، مطابق شکل نیروی انتقال‌یافته بین چرخ‌دنده‌ها F است. این نیرو از نقطهٔ گام عبور می‌کند و درجهت خط فشار امتداد می‌یابد، که عمود مشترك دندانهٔ‌درحال



شکل ۴.۱۶

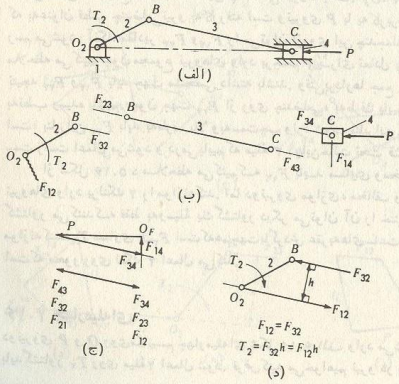
تماس است. F_t و F_r مؤلفه‌های مماسی وشعاعی نیروی Fاند. T_2 گشتاور محرك وارد از جانب محور به‌چرخ‌دندهٔ ۲ و T_3 گشتاور مقاوم اعمال شده به‌چرخ‌دندهٔ ۳ از طرف محور خودش است.

۳.۱۶ مکانیسم لغزنده‌ـلنگ

شکل ۵.۱۶ الف، یك مکانیسم لغزنده‌ـلنگ را نشان می‌دهد. نیروی P به پیستون وارد می‌شود ومی‌توان فرض کرد که ناشی از فشارگاز است. به‌منظور حفظ موازنه، گشتاور T_2 باید در O_2 به‌وسیلهٔ محور به‌لنگ ۲ وارد شود.

روشی که ما درتمام مسائل تحلیل‌نیروها دنبال خواهیم کرد، رسم نمودار جسم‌آزاد هریك ازمیله‌هاست. دربرخی موارد میله‌های متعدد به‌صورت یك جسم واحد درنظرگرفته خواهد شد. در نمودار جسم آزاد، جسم کاملاً مجزا می‌شود وتمامی نیروهای خارجی و گشتاورهای واردبرآن باید نشان‌داده‌شوند. اگرتعداد مجهولها ازسه بیشتر نباشد، مسئله را می‌توان به‌وسیلهٔ معادله‌های تعادل حل کرد. اگربیشتر ازسه مجهول دریك جسم‌واحد وجود داشته باشد، آنگاه قبل ازحل مسئله باید اطلاعات بیشتری را با درنظرگرفتن تعادل سایر میله‌ها به‌دست‌آورد.

شکل ۵.۱۶ ب، هرجسم مجزا را با مقدار نیروهای مشخص شده نشان می‌دهد. در یك اتصال مفصلی، گشتاور وجود ندارد. بنابراین درهرطرف میلهٔ ۳ فقط یك نیروموجود است، هنگامی که یك جسم فقط تحت‌تأثیر دونیرو باشد، این نیروها باید از نظر مقدار مساوی و درخلاف جهت یکدیگر و روی یك‌خط واقع شوند. درمکانیك، چنین جسمی



شکل ۵.۱۶

عضو دو نیرویی نامیده می‌شود. $F_{۲۴}$ نیروی اعمال شده ازسوی جسم ۲ روی جسم ۳ و $F_{۴۳}$ نیروی وارد ازجسم ۴ روی جسم ۳ را نشان می‌دهد. خط توپر بدون پیکان‌رابرای مشخص ساختن اینکه جهت نیرو معلوم ولی مقدار آن مجهول است، به‌کار می‌بریم. در کشش یا فشاربودن میلهٔ ۳ را نمی‌توان فقط باتحلیل خود میله تعیین‌کرد.

برروی میلهٔ ۴، سه‌نیروواردمی‌شود. مقداروجهت نیروی P معلوم است‌وبنابراین در شکل ۵.۱۶ ب به‌صورت خط پرپیکاندار نشان داده شده است. $F_{۳۴}$ نیروی وارد از طرف میلهٔ ۳ روی ۴ است، و چون باید مخالف $F_{۴۳}$ باشد، سپس جهت آن معلوم ولی مقدارآن مجهول است. $F_{۱۴}$ نیروی وارد ازجانب میلهٔ ۱ روی میلهٔ ۴ است. جهت آن عمود برسطح تماس ومقدارآن مجهول است. تنها دومجهول درنمودار جسم آزاد میلهٔ ۴ وجود دارد. این دومجهول عبارت‌اند از مقادیر $F_{۳۴}$ و $F_{۱۴}$.

میلهٔ ۲ چهارمجهول دارد: نیروی $F_{۳۲}$ وارد ازمیلهٔ ۳ روی میلهٔ ۲، که جهت‌آن معلوم ولی مقدارآن مجهول است؛ نیروی $F_{۱۲}$ وارد ازمیلهٔ ۱ روی میلهٔ ۲، که هم‌جهت وهم‌مقدارآن مجهول است، وگشتاور مجهول $T_۲$ وارد از محور برروی لنگ ۲. یك‌خط موجدار در $O_۲$ دلالت برآن داردکه مقدار یا جهت نیروی $F_{۱۲}$ که دراین نقطه وارد می‌شود نامعلوم است.

ابتدا میلهٔ ۴ که فقط دومجهول دارد تحلیل می‌شود. دومقدار مجهول را می‌توان مطابق شکل ۵.۱۶ ج به‌وسیلهٔ تشکیل چندضلعی نیروها یافت. O_F، نقطهٔ دلخواهی‌است که به‌عنوان قطب چندضلعی‌نیرو به‌کاررفته است ونیروی P با به‌کاربردن مقیاسی‌مناسب رسم می‌شود. آنگاه مقادیر $F_{۳۴}$ و$F_{۱۴}$ را می‌توان ازروی این چندجمله‌ای اندازه‌گرفت. ملاحظه می‌کنیم چون مجموع نیروهای وارد برجسم ۴ برای تعادل باید صفر باشد، در نتیجه $F_{۳۴}$ و$F_{۱۴}$ باید جهت مشخصی داشته باشند. وقتی‌بردارها جمع شدند، بایدمجدداً به‌قطب رسیده باشیم. چون جهت $F_{۳۴}$ از روی چندضلعی، به‌طرف پایین وبه‌سمت راست است، بنابراین $F_{۴۳}$ باید به‌طرف بالا وبه‌سمت‌چپ وارد شود. بنابراین $F_{۲۳}$ به‌طرف‌پایین سمت راست اعمال می‌شود و درمی‌یابیم که میلهٔ ۳ دراین‌حالت تحت فشار است.

از شکل ۵.۱۶ د ملاحظه می‌کنیم که $F_{۱۲}$ باید مساوی ومخالف $F_{۳۲}$ باشد تا نیروهای وارد برلنگ ۲ را موازنه‌کند. اما دونیروی موازی، مخالف ومساوی ایجادیك گشتاور می‌کنندکه فقط به‌وسیلهٔ یك‌گشتاور دیگر می‌توان آن را خنثی کرد. گشتاور موازنه‌کننده $T_۲$ مساوی $F_{۳۲}h$ است که‌هم‌جهت‌با گردش عقربه‌های‌ساعت است‌وگشتاوری است‌که محور روی لنگ ۲ اعمال می‌کند.

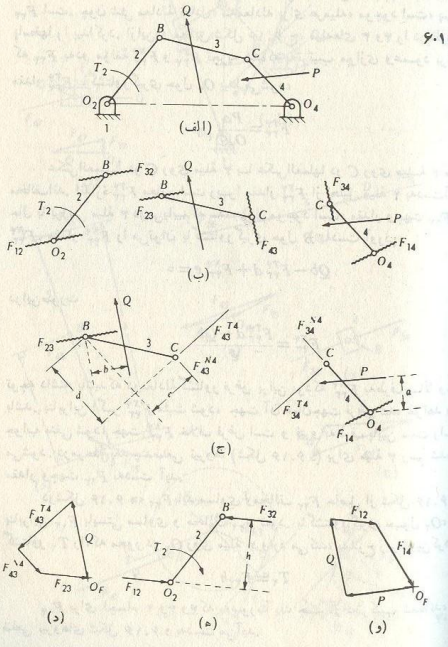
۴.۱۶ چهارمیله‌ای

دونیروی P و Q روی‌مکانیسم چهارمیله‌ای شکل۶.۱۶ الف وارد می‌شود برای‌موازنه بایدگشتاور $T_۲$ روی میلهٔ۲ اعمال شود. فرض‌کنید می‌خواهیم نیرو در مفصلهای‌مختلف

ونیزمقدارگشتاور $T_۲$ را پیداکنیم.

ابتدا باید باترکیب میله‌های ۲ و۳ و۴ به‌صورت یك‌جسم آزاد، مسئله راحل‌کرد. آنگاه ۵ مجهول خواهیم داشت، یعنی مقدار وجهت $F_{۱۲}$، مقداروجهت $F_{۱۴}$ ومقدار$T_۲$. چون فقط سه معادلهٔ تعادل وجود دارد، پس نمی‌توان پاسخی به‌دست‌آورد.

شکل ۶.۱۶



سپس مطابق شکل ۶.۱۶ ب، هرمیله را به‌صورت جسم آزاد مجزا می‌کنیم. اگر میلهٔ ۲ درنظرگرفته شود، پنج مجهول و اگرمیلهٔ ۳ درنظرگرفته شود چهارمجهول‌وجود دارد، اگرمیلهٔ ۴ را درنظر بگیریم چهارمجهول موجود است‌که باید آنها را پیداکرد. بنابراین هرمیله را به‌تنهایی نمی‌توان تحلیل‌کرد. ملاحظه می‌شودکه درصورت درنظرگرفتن میله‌های ۳ و۴، تنها شش مجهول وجود دارد، می‌دانیم F_{43} مساوی ومخالف F_{34} است. چون شش معادلهٔ تعادل، سه‌معادله برای هرمیله، موجود است، پس می‌توان پاسخها را پیداکرد. ازاین‌رو مطابق شکل ۶.۱۶ ج، میله‌های ۳ و۴ را درنظرمی‌گیریم، که F_{34} به‌دو مؤلفهٔ F_{34}^{N4} و F_{34}^{T4} تجزیه شده‌که به‌ترتیب موازی وعمود بر O_4Cاند. مقدار F_{34}^{T4} باگشتاورگیری حول O_4 پیدا می‌شود،

$$F_{34}^{T4}=\frac{Pa}{O_4C}$$

عکس‌العملها در C روی میلهٔ ۳ با عکس‌العملها در C روی میلهٔ ۴ مساوی و مخالف‌اند. اندازهٔ F_{43}^{T4} معلوم است زیرا مقدار F_{34}^{T4} از تحلیل میلهٔ ۴ به‌دست‌آمده بود. حال با بررسی میلهٔ ۳ درمی‌یابیم‌که سه‌مجهول موجود است: مقدار وجهت F_{23} و مقدار F_{43}^{N4}. مقدار F_{43}^{N4} را می‌توان باگشتاورگیری حول B به‌دست آورد:

$$Qb-F_{43}^{T4}d+F_{43}^{N4}e=0$$

دراین‌صورت

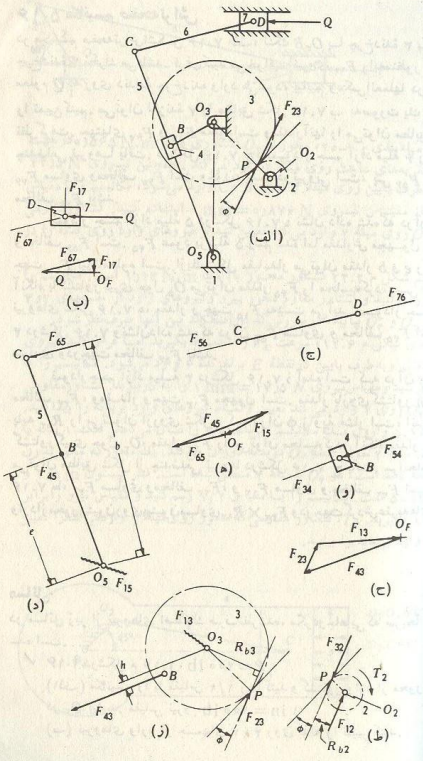
$$F_{43}^{N4}=\frac{F_{43}^{T4}d-Qb}{e}$$

توجه داشته باشیدکه درمعادلهٔ گشتاور فرض برابن بودکه F_{43}^{N4} به‌طرف بالا وسمت‌چپ باشد. بنابراین اگر F_{43}^{N4} مثبت شود، جهت آن همان‌جهت فرض شده خواهد بود. اگر جواب منفی شود، جهت F_{43}^{N4} خلاف فرض است و نیرو به‌طرف پایین سمت راست وارد می‌شود. درمرحلهٔ بعد چندضلعی نیروها (شکل ۶.۱۶ د) برای میلهٔ ۳ رسم شده است تا مقدار وجهت F_{23} به‌دست آید.

درشکل ۶.۱۶ هـ، F_{32}باید مساوی ومخالف F_{23} حاصل از شکل ۶.۱۶ د باشد. بنابراین F_{12} بایستی مساوی و مخالف F_{32} شود. باگشتاورگیری حول O_2، می‌توان گشتاور T_2 را،که محور در O_2 روی میلهٔ ۲ وارد می‌کند، به‌شرح زیر تعیین کرد:

$$T_2=F_{32}h$$

F_{14} برای اجسام ۲ و۳ و۴ که به‌صورت یك جسم آزاد ترکیب شده‌اند، از چندضلعی نیروهای شکل ۶.۱۶ و به‌دست می‌آید.



شکل ۶.۱۶

۵.۱۶ مکانیسم صفحه‌تراش

در مکانیسم صفحه‌تراش شکل ۷.۱۶ الف، لنگ O_2B با چرخ‌دندهٔ ۳ یکپارچه است و چرخ‌دندهٔ ۲ محرك می‌باشد. فرض کنید می‌خواهیم نیروی F_{23} را به‌منظور غلبه‌برمقاومت معلوم Q که روی دندانهٔ چرخ‌دنده وارد می‌شود، بیابیم وعکس‌العملها در O_2، O_4 و O_5 را تعیین کنیم. می‌توان لغزندهٔ ۷ را مطابق شکل ۷.۱۶ ب به‌صورت یك جسم آزاد در نظر گرفت. جهتهای F_{67} و F_{17} معلوم‌است ومقدارآنها را می‌توان مطابق شکل ازروی چندضلعی نیروها یافت. درشکل ۷.۱۶ ج، نمودار جسم آزاد میلهٔ ۶ رسم شده است. F_{76} مساوی ومخالف F_{67} است وچون، جسم دونیرویی است، پس F_{56} باید مساوی و مخالف F_{76} باشد.

نمودار جسم آزاد میلهٔ ۵ درشکل ۷.۱۶ د نشان داده شده‌که درآن F_{65} مساوی ومخالف F_{56} است. F_{45} عمود برمیلهٔ ۵ رسم شده اما مقدارش مجهول است. مقدار و جهت F_{15} نیزنامعلوم است. ازیك شکل مقیاسدار می‌توان مقدار b و e را اندازه‌گرفت. آنگاه باگشتاورگیری حول O_5 می‌توان مقدار F_{45} را محاسبه‌کرد، سپس از چندجمله‌ای نیروهای شکل ۷.۱۶ هـ، مقدار و جهت F_{15} به‌دست می‌آید. نمودار جسم آزاد لغزندهٔ ۴ درشکل ۷.۱۶ و نشان‌داده شده‌که درآن F_{54} مساوی و مخالف F_{45} است. F_{34} باید مساوی ودرجهت مخالف F_{54} باشد.

نمودارجسم آزاد میلهٔ ۳ درشکل ۷.۱۶ ز آمده است که درآن F_{43} مساوی و مخالف F_{34}، ومقدار وجهت F_{13} مجهول است. مقدار بازوی‌گشتاور h وشعاع دایرهٔ پایه R_{43} را می‌توان ازروی شکل، که درآن ϕ زاویهٔ فشار است، اندازه‌گرفت. با گشتاورگیری حول O_3، مقدار F_{23} را می‌توان محاسبه‌کرد. آنگاه مقدار وجهت F_{13}را می‌توان مطابق شکل از چندضلعی نیروها درشکل ۷.۱۶ ح یافت. سرانجام مطابق شکل ۷.۱۶ ط، F_{32} مساوی ومخالف F_{23}، و F_{12} مساوی و مخالف F_{32} است. گشتاور وارداز محور پینیون روی پینیون مساوی $F_{32} \times R_{62}$ ودر جهت گردش عقربه‌های ساعت است.

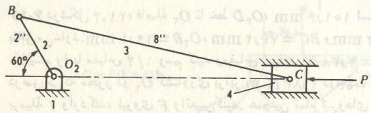
مسائل

در مسائل زیر از نیروهای اصطکاك صرف‌نظرشده، مگردرجاهایی که صریحاً مقدارآن بیان شده است.

✓ **۱.۱۶** درشکل م ۱.۱۶، $P = ۲۰۰$ lb.

(الف) مکانیسم را با مقیاس ۱/۲ رسم کنید و گشتاور وارد از محور روی لنگ‌را در O_2 بیابید. مقیاس نیرو: ۱ in = ۱۰۰ lb

(ب) نیروهای وارد از جسمهای ۲ و۴ روی بدنه را تعیین کنید.



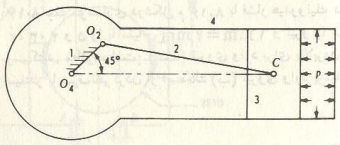
شکل م ۱.۱۶

۲.۱۶ در میله‌بندی م ۲-۲۰، محور در O_2 گشتاوری برابر ۵۶۵ر۰ N.m درجهت گردش عقربه‌های ساعت روی میلهٔ ۲ وارد می‌کند. همچنین نیروی ۴۴ر۵ N به‌طورقائم و به‌طرف پایین روی میلهٔ ۳ مابین B و C وارد می‌شود، مکانیسم رابا مقیاس واقعی بکشید و از مقیاس نیروی ۱ mm = ۰ر۸۷۶ N استفاده کنید. گشتاورمقاومی راکه محور در O_4 روی میلهٔ ۴ وارد می‌کند تعیین کنید و نیروهای وارد روی بدنه را در O_2 و O_4 بیابید.

۳.۱۶ در مکانیسم شکل م ۲۲.۲ گشتاور محور بادامك ۱ر۱۳ N.m است. مکانیسم را با مقیاس واقعی رسم کنید و گشتاور مقاوم محور پیرو ونیروهای وارد از جسمهای ۲و۴ روی بدنه را در O_2 و O_4 بیابید، درصورتی‌که از اصطکاك بین آنها صرف‌نظر شود.

✓ **۴.۱۶** در میله‌بندی شکل م ۱۲.۶، سرعت V_E را نادیده بگیرید اما فرض کنید نیروی ۴۴۵ N به‌طور قائم وبه‌طرف پایین درنقطهٔ E برلغزندهٔ ۶ وارد می‌شود. مکانیسم را با مقیاس ۱/۲ رسم کنید ومقیاس‌نیروی ۱ mm = ۱۷ر۵ N را به‌کاربرید. گشتاورمقاومی راکه محور در O_2 روی ۲ وارد می‌کند تعیین وتمام نیروهای وارد بربدنه را پیداکنید.

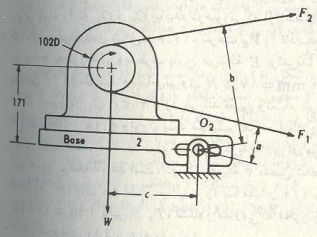
۵.۱۶ شکل م ۵.۱۶ واروون یك مکانیسم لغزنده-لنگ را نشان می‌دهد. لنگ ۱ بدنه یا عضو ثابت است. میلهٔ ۴ حول نقطهٔ O_4 دربدنه دوران می‌کند. یك محور که محورتقارن آن عمود برصفحهٔ کاغذ است، در O_4 به‌میلهٔ ۴ متصل شده است. قطر پیستون ۲ر۵ in و فشارگاز ۵۰ lb/in^2 است. مکانیسم را با مقیاس ۱/۲ رسم کنید و مقیاس نیرو رابرابر ۱ in = ۱۰۰ lb بگیرید. T_4، گشتاور مقاومی که محور روی‌میلهٔ ۴ واردمی‌کندرا تعیین کنید. نیروهای وارد بربدنه را بیابید.



شکل ۵.۱۶

۶.۱۶ درشکل ۲۱.۳، فاصلهٔ O_2D تا خط O_2D، ۱۰۱٫۶ mm است. لنگ ۲ زاویهٔ ۳۵° باافق می‌سازد. $O_2B = 19.1$ mm، $BC = 76.2$ mm و $O_2C = CD = 76.2$ mm. مکانیسم را با مقیاس ۱/۲ رسم کنید ومقیاس نیروی ۱ mm = ۴٫۳۸ N به کار ببرید. درصورتی‌که محور در O_2 گشتاوری برابر ۲٫۸۳ N.m درجهت گردش عقربه‌های ساعت برمیلهٔ ۲ واردکند، نیروی F راتعیین‌کنید. همچنین تمام نیروهای وارد بربدنه راپیداکنید

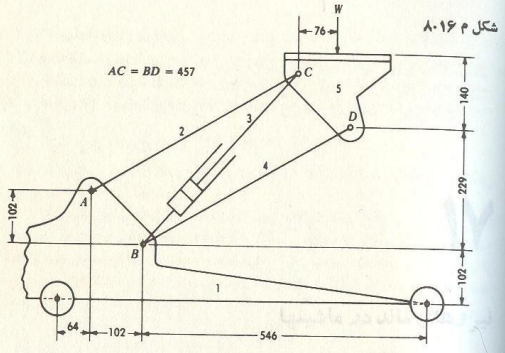
۷.۱۶ شکل م ۷.۱۶ یـک محرك تسمه موتـوری لـولایی را نشان می‌دهد. F_1 و F_2 نیروهای تسمه و w نیروی وزن موتور و پایه است. با انتقال نقطهٔ لولایی O_2، بازوی گشتاور c را مـی‌توان تغییر داد. با افزایش c، هردو نیروی F_1 و F_2 افزایش می‌یابند واجازهٔ انتقال قدرت بیشتری را می‌دهند فرض‌کنید: $F_1 = 1330$ N و $F_2 = 445$ N و $w = 667$ N، $a = 76$ mm و $b = 254$ mm. مقدار c را محاسبه کنید ونمودارمکانیسم را بـا مقیاس ۱/۶ بکشید. مقیاس نیروی ۱ mm = ۱۷٫۵ N را به کار ببرید. مقدار و جهت F_{21} نیروی وارد ازطرف پایه روی بدنه در O_2 را تعیین‌کنید.



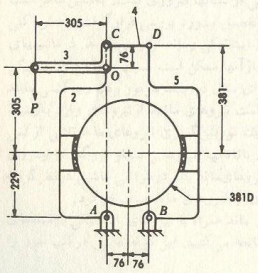
شکل م ۷.۱۶

۸.۱۶ جك سوسماری درشکل م ۸.۱۶ با فشار هیدرولیك در سیلندرکار می کند. میله‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ را با مقیاس ۱ mm = ۴ mm و نیرو را بـا مقیاس ۱ mm = ۱۷۵ N رسم‌کنید. مطلوب است: (الف) نیروی وارد برای بالابردن بار $w = 4450$ N به‌وسیلهٔ سیلندر با صرف‌نظرکردن از اصطکاك (ب) نیروی وارد برمیلهٔ ۲.

شکل م ۸.۱۶



۹.۱۶ یك ترمزآسانسور به‌طـور شماتیك درشکل م ۹.۱۶ نشان داده شده است. ضریب اصطـکاك برای کفشك ترمـز ۰٫۳ است. به‌ازای نیروی کاری $P = 445$ N، تعیین کنید: (الف) گشتاور ترمزرا برای دوران چرخ درجهت گردش عقربه‌های ساعت. (ب) گشتاور ترمزرا برای دوران چرخ خلاف جهت گردش عقربه‌های ساعت.



شکل م ۹.۱۶