

## دستگاه فرمان و هدایت خودروها

**هدف‌های رفتاری:** هنرجو پس از فراگیری این فصل می‌تواند:

- اجزای تشکیل دهنده سیستم فرمان خودرو را نام ببرد.
- انواع فرمان‌های ایمن را تعریف کند.
- طرز کار فرمان کشویی را شرح دهد.
- طرز کار فرمان حلزونی تاج خروسی را توضیح دهد.
- طرز کار جعبه فرمان ساچمه‌ای را توضیح دهد.
- طرز کار جعبه فرمان انگشتی را بیان کند.
- طرز کار جعبه فرمان حلزونی غلتکی را تشریح کند.
- هندسه فرمان و نحوه پیچش صحیح خودرو را در یک پیچ توضیح دهد.

## ۵- دستگاه فرمان و هدایت خودروها

### ۵-۱- نوع مکانیکی

کار دستگاه فرمان، هدایت مطلوب خودرو در مسیر دلخواه راننده است.

دستگاه فرمان، از سه قسمت اساسی تشکیل شده است:

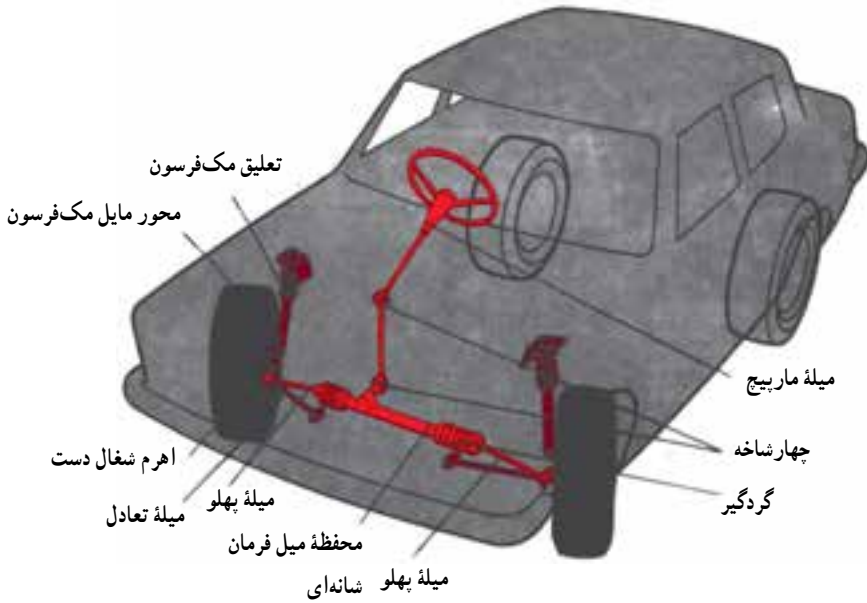
– فلکه فرمان و ماریچ،

– جعبه فرمان،

– اهرم‌بندی.

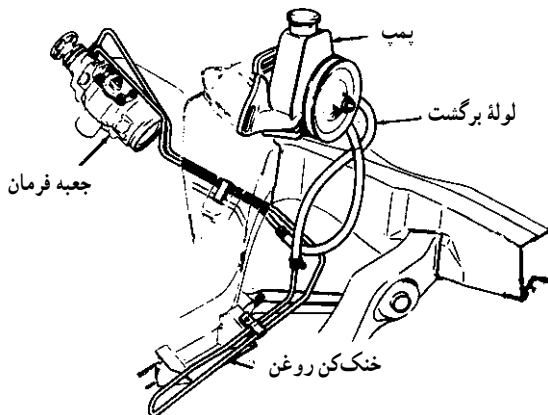
کار فلکه فرمان انتقال دادن نیروی دست راننده به ماریچ فرمان است.

کار جعبه فرمان، تبدیل گشتاور است؛ یعنی گشتاور کمی که راننده به فلکه وارد می‌کند، در جعبه



شکل ۱-۵- سیستم فرمان

فرمان به گشتاور زیادی که برای به حرکت در آوردن چرخ‌های جلو مورد نیاز است، تبدیل می‌شود. در جعبه فرمان‌های مکانیکی، تبدیل گشتاور فقط از نوع مکانیکی است و نسبت بین چرخ‌دنده‌های ماریج و تاج خروسی، تعیین کننده میزان گشتاور تبدیل شده، است. در جعبه فرمان‌های پر قدرت، علاوه بر تبدیل گشتاور مکانیکی، از نیروی روغن تحت فشار پمپ فرمان نیز، برای حرکت دادن سیستم فرمان استفاده می‌شود. در این گونه خودروها که نوع فرمان آن‌ها «پر قدرت» نامیده می‌شود، فشار روغن به نیروی دست راننده کمک می‌کند تا عمل فرمان دادن به سهولت انجام شود. در مورد فرمان‌های پر قدرت، در ساسی و بدنه (۲) به تفصیل بحث خواهیم کرد. در اینجا، اشاره مختصری کرده‌ایم تا تفاوت اساسی بین دو سیستم به اختصار روشن شود.

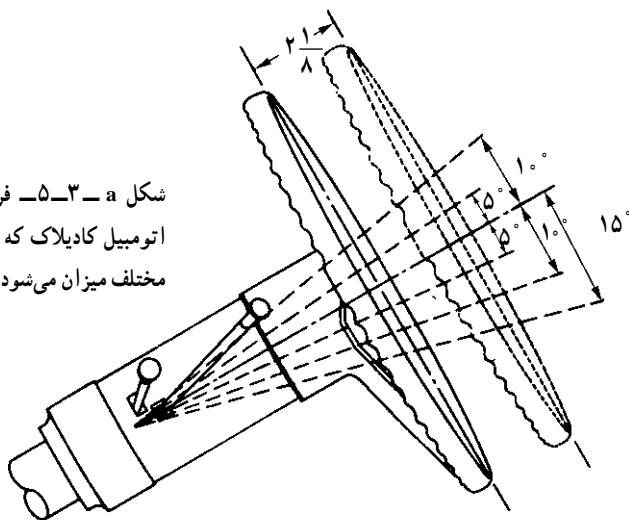


شکل ۲-۵- مدار ساده فرمان پر قدرت

در خودروهای جدید، میل فرمان به نحوی طراحی می‌شود تا در هنگام بروز تصادف و وارد آمدن ضربه از جلوی خودرو، میل فرمان به گونه‌ای خم شود که به داخل فشرده گردد تا از برخورد فلکه با سینه راننده جلوگیری کند.

## ۲-۵- انواع فلکه و میل فرمان

در فرمان نوع اول، فلکه در شش وضعیت تنظیم‌پذیر است. به وسیله دکمه‌ای، ۵ و ۱۰ و ۱۵ درجه به بالا و معادل آن را به پایین حرکت می‌کند. به علاوه، می‌توان نسبت به قید راننده، فلکه فرمان را حدود  $2\frac{1}{8}$  اینچ به طور تلسکوپی در جهت میل فرمان به سمت داخل یا خارج حرکت داد. در شش نوع پایین شکل ۳-۵، از چهار شاخه، بست خم شونده و کوپلینگ بافته شده استفاده کرده‌اند که هر یک در دو حالت نشان داده شده است. حالت‌های بالا در هنگام رانندگی عادی و حالت‌های زیر در هنگام اصابت جلوی خودرو به مانع و فرو رفتن قسمت جلو است. در هر حال، از نظر ایمنی سعی طراحی بر آن است که در هنگام تصادف، فلکه فرمان یا به سمت داخل فرو رود که این عمل را فرمان‌های تلسکوپی انجام می‌دهند، یا به سمت بالا خم شود تا سینه و شکم راننده در معرض فشرده‌گی قرار نگیرد. این عمل، با فرمان‌های خم شونده امکان‌پذیر است. البته در خودروهای پیشرفته، از باز شدن کیسه ایمنی نهفته در محفظه وسط فلکه استفاده می‌شود و هم‌زمان با برخورد شدید خودرو، کیسه‌ای از داخل فلکه بیرون بریده با گاز سوخت جامد باد می‌شود و بین سینه و صورت با فلکه، حایل می‌شود تا از اصابت شدید فلکه با سینه یا صورت ممانعت کند (شکل ۴-۵).

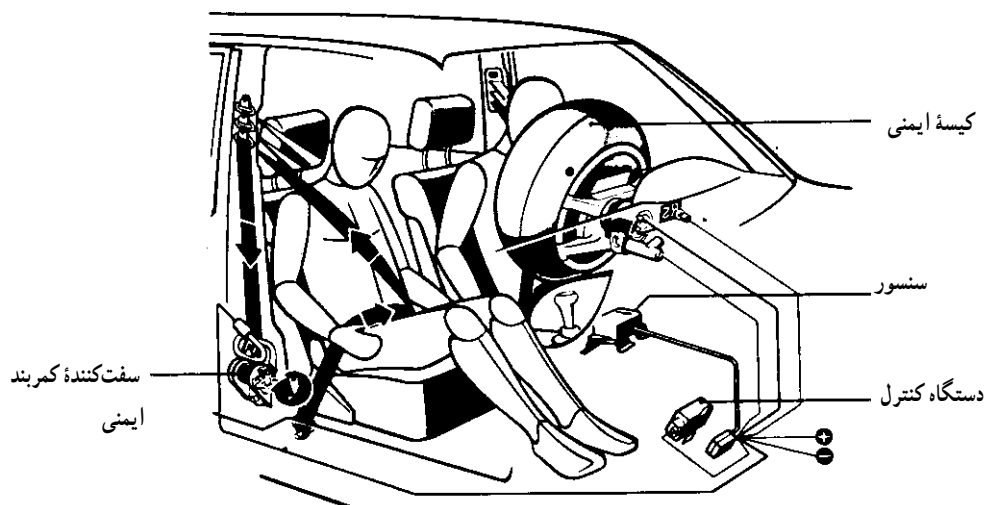


شکل a-۳-۵- فرمان تلسکوپی و خم شونده در اتومبیل کادیلاک که به وسیله اهرم در شش وضعیت مختلف میزان می‌شود



شکل ۳-۵-۳- b- فرمان‌هایی که در موقع وارد آمدن ضربه در هم فرو می‌روند.

شکل ۳-۵-۳- انواع فرمان‌های خم شونده و تلسکوپی



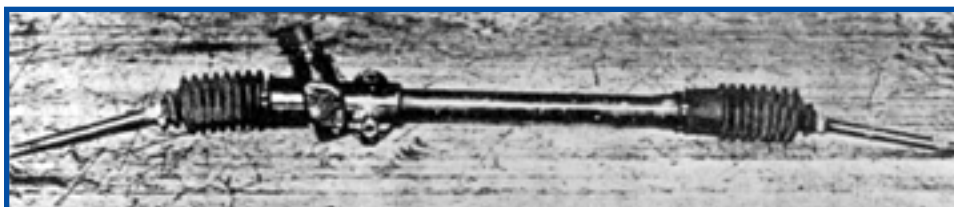
شکل ۳-۵-۴- کیسه ایمنی

### ۳-۵- انواع جعبه فرمان مکانیکی

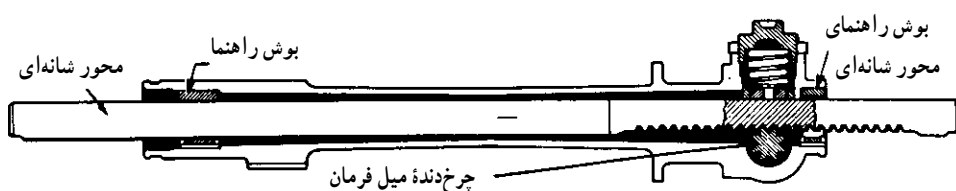
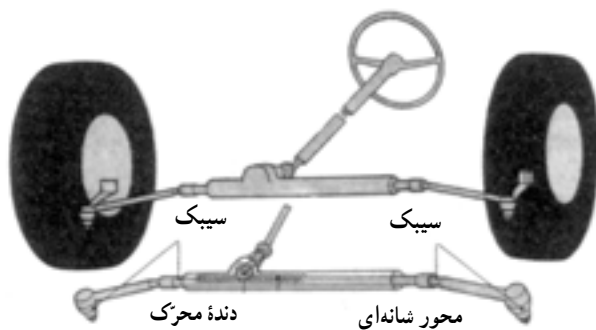
۱-۳-۵- جعبه فرمان کشویی: در این نوع جعبه فرمان، میل ماریپیچ به چرخ دنده کوچکی متصل می‌شود که ماریپیچ فرمان به حساب می‌آید و با فلکه فرمان حرکت دورانی می‌کند. به این قطعه، «بی‌نیون» هم گفته می‌شود.

بی‌نیون با یک میله بلند دندانه‌دار شانه‌ای درگیر می‌شود. این میله، همان میل بلند فرمان در دوزنقه فرمان است که بحث آن بعداً خواهد آمد.

— طرز کار : با حرکت دَوْرانی فلکۀ فرمان و پی‌نیون، میل‌شانه‌ای به صورت خطی حرکت می‌کند. این حرکت، به اهرم‌های چرخ (شغال‌دست) انتقال یافته، چرخ‌ها را حول محورشان که سیبکی هستند، به دَوْران در می‌آورد.



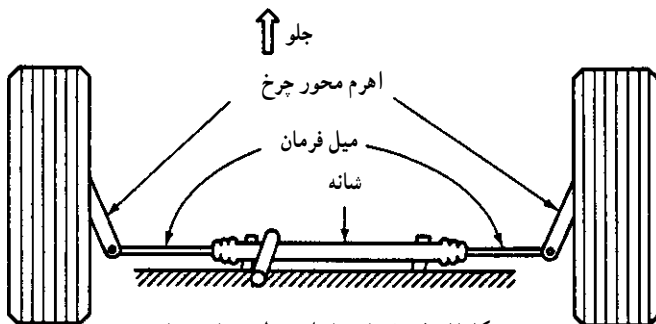
شکل ۵-۵- شکل واقعی جعبه فرمان کشویی



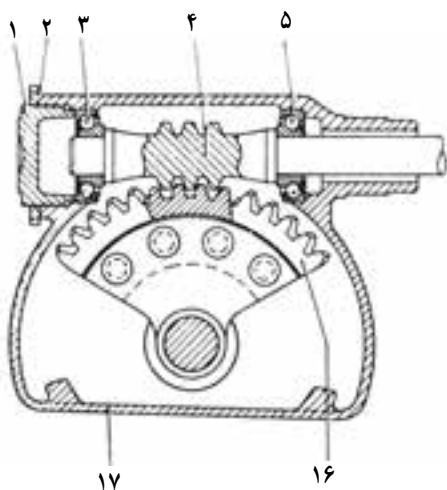
شکل ۵-۶- فرمان شانه‌ای

برای آنکه میل فرمان شانه‌ای با پی‌نیون در تماس مطمئن قرار گیرد، میل‌شانه‌ای فرمان را در داخل لوله‌ای قرار داده دو انتهای آن را یاتاقان‌بندی کرده‌اند. این یاتاقان‌ها که بوش راهنما هستند، میل‌شانه‌ای را در خط مستقیم نگه می‌دارند تا فاصله آن با پی‌نیون حفظ شود. علاوه بر بوش‌های دو طرف، محلی برای تنظیم لقی شانه و پی‌نیون طراحی می‌شود. این محل هم، به بوش تنظیم معروف است که فنری شانه

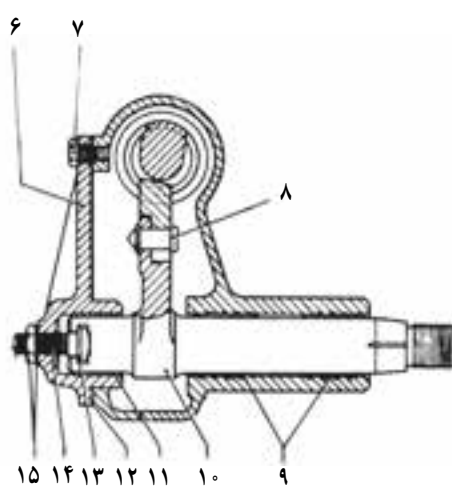
را به پی‌نیون اتصال می‌دهد و تماس آن دو را تضمین می‌کند (اشکال ۵-۵ تا ۵-۷).



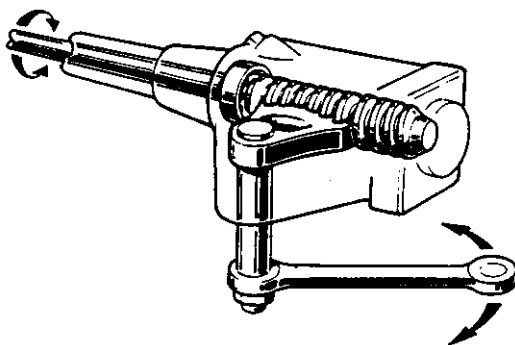
شکل ۵-۷- فرمان شانهای به‌طور نمایش ساده



۱۴- پیچ تنظیم لقی تاج‌خروسی



۱- مه‌ره تنظیم لقی باتاقان ماریج



شکل ۵-۸- جعبه فرمان حلزونی - تاج‌خروسی

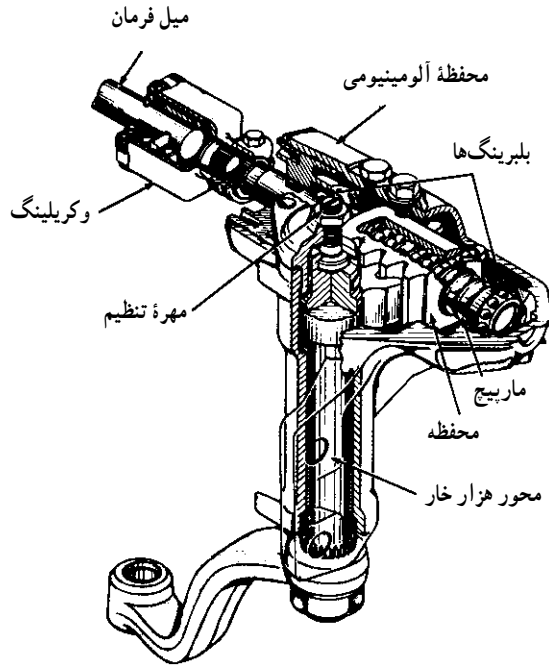
**۲-۳-۵- جعبه فرمان حلزونی تاج خروسی:** در این نوع جعبه فرمان، یک ماریج حلزونی به کار رفته که با فلکۀ فرمان، حرکت دورانی می‌کند. ماریج حلزونی با چرخ دنداندار دایره شکلی، درگیر می‌شود و حرکت فلکۀ فرمان را به چرخ دنداندار انتقال می‌دهد. اهرم هزار خار که به میل فرمان، حرکت خطی می‌دهد به این چرخ دنداندار (تاج خروسی) متصل گردیده است؛ بنابراین، با حرکت ماریج فرمان، نیرو به تاج خروسی وارد می‌شود و چون تاج خروسی با اهرم هزار خار یک پارچه گردیده، اهرم هزار خار هم حرکت دورانی محدود می‌نماید. این حرکت به اهرم بلند فرمان انتقال یافته، بالاخره سیستم اهرم‌بندی را به حرکت در می‌آورد (شکل ۵-۸).

**۳-۳-۵- جعبه فرمان ساچمه‌ای:** در این نوع جعبه فرمان، بر روی ماریج حلزونی، جعبه دندان‌داری قرار دارد که داخل آن از ساچمه پر شده است. روی ماریج، یک محفظه پر از ساچمه قرار دارد که داخل آن دنداندار است و در داخل دندانها ساچمه قرار می‌گیرد. به علت ضریب اصطکاک کمی که ساچمه نسبت به دندان دارد، انتقال نیرو بین ماریج و محفظه ساچمه، به راحتی انجام می‌گیرد؛ بنابراین، معمولاً این نوع جعبه فرمان‌ها کم اصطکاک‌تر هستند و با نیروی کمتری چرخ‌های جلو را می‌چرخانند. این سیستم، شبیه بلبرینگ است که روی محوری قرار دارد و ساچمه آن در طول ماریج، بلبرینگ را حرکت خطی می‌دهد؛ از این رو به روانی بلبرینگ، عمل می‌کند.

ساچمه‌ها، در دو ریل جدا از هم در شیارهای محفظه، پر شده‌اند و چون ریل محفظه با زاویه، طراحی و ساخته شده است در نتیجه، با پیچاندن ماریج، ساچمه‌ها به انتهای ریل ماریج هدایت می‌شوند. در انتهای مسیر حرکت، وقتی ساچمه‌ها از شیار ماریج خارج شدند، به لوله راهنما می‌رسند. لوله‌های راهنما ساچمه‌ها را مجدداً به ابتدای مسیر ماریج هدایت می‌کنند. به علت چرخش ساچمه‌ها در مدار معین، به این گونه جعبه فرمان‌ها «نوع ساچمه‌ای چرخنده» نیز می‌گویند. با حرکت خطی محفظه در روی ماریج، دندان‌های روی محفظه که با تاج خروسی محور هزار خار درگیر هستند، به تاج خروسی حرکت دورانی می‌دهد و به دنبال آن، محور هزار خار هم، حرکت دورانی می‌کند.

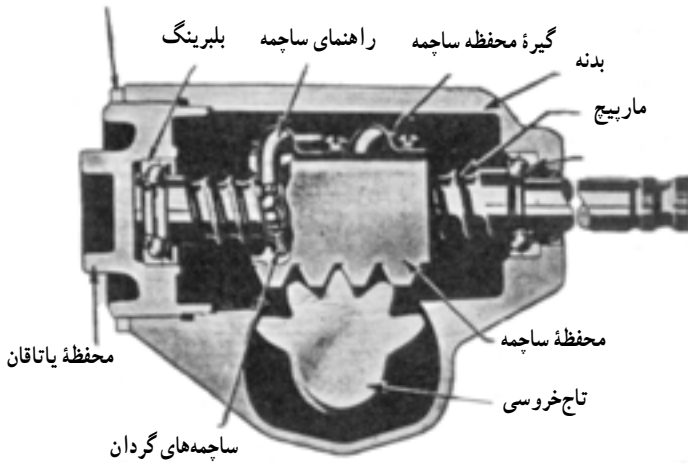
در انتهای ماریج فرمان و در ابتدای جعبه فرمان، محلی برای یاتاقان‌بندی ماریج، پیش‌بینی شده است. معمولاً یاتاقان انتهایی، تکیه‌گاه قابل تنظیمی دارد تا با پیچاندن تکیه‌گاه، بتوان ماریج را در محلّ درستی، نسبت به محفظه قرار داد. ممکن است این تنظیم طولی ماریج با واشر گذاری انجام شود (مانند جعبه فرمان پیکان).

گاهی محلّ تنظیمی برای دندۀ تاج خروسی، اهرم هزار خار با محفظه در نظر گرفته می‌شود.



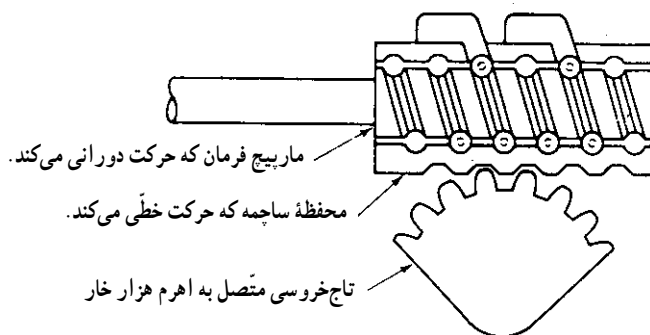
شکل ۹-۵- ساختمان داخلی جعبه فرمان و اهرم بندی آن

مهره تنظیم لقی طولی



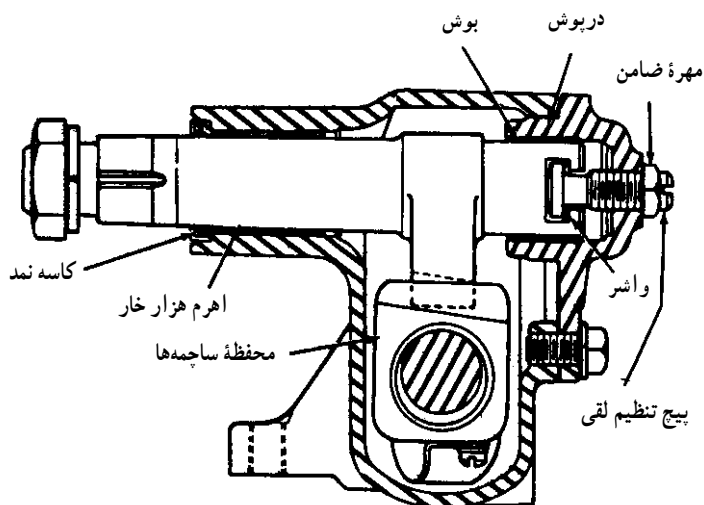
شکل ۱۰-۵- ساختمان جعبه فرمان





شکل ۱۱-۵- شکل ساده‌ای از جعبه فرمان ساچمه‌ای

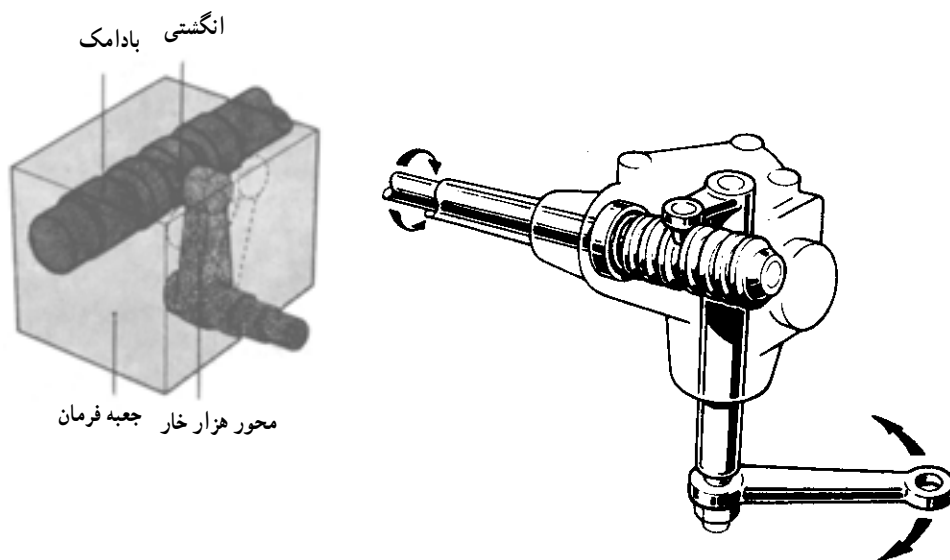
محور اهرم هزار خار، به وسیله بوش یا یاتاقان بندی غلتکی در بدنه جعبه فرمان قرار می‌گیرد. بین دندانه‌های محفظه ساچمه و تاج خروسی اهرم هزار خار، زاویه‌ای وجود دارد که در شکل ۹-۵ دیده می‌شود. این زاویه، برای درگیری بهتر دو دندانه با هم است و لقی بین دو عضو را می‌کاهد. برای تنظیم لقی مجاز بین آن دو، پیچ تنظیمی در روی درپوش جعبه فرمان، پیش‌بینی می‌شود. این پیچ دارای مهره ضامنی است که به هنگام تنظیم، چرخ‌ها را در حالت مستقیم قرار می‌دهد. بدین ترتیب، مهره ضامن را شل کرده سپس با پیچ تنظیم، لقی مجاز را ایجاد و مهره ضامن را سفت می‌کنند.



شکل ۱۲-۵- نمای برش ساختمان جعبه فرمان ساچمه‌ای

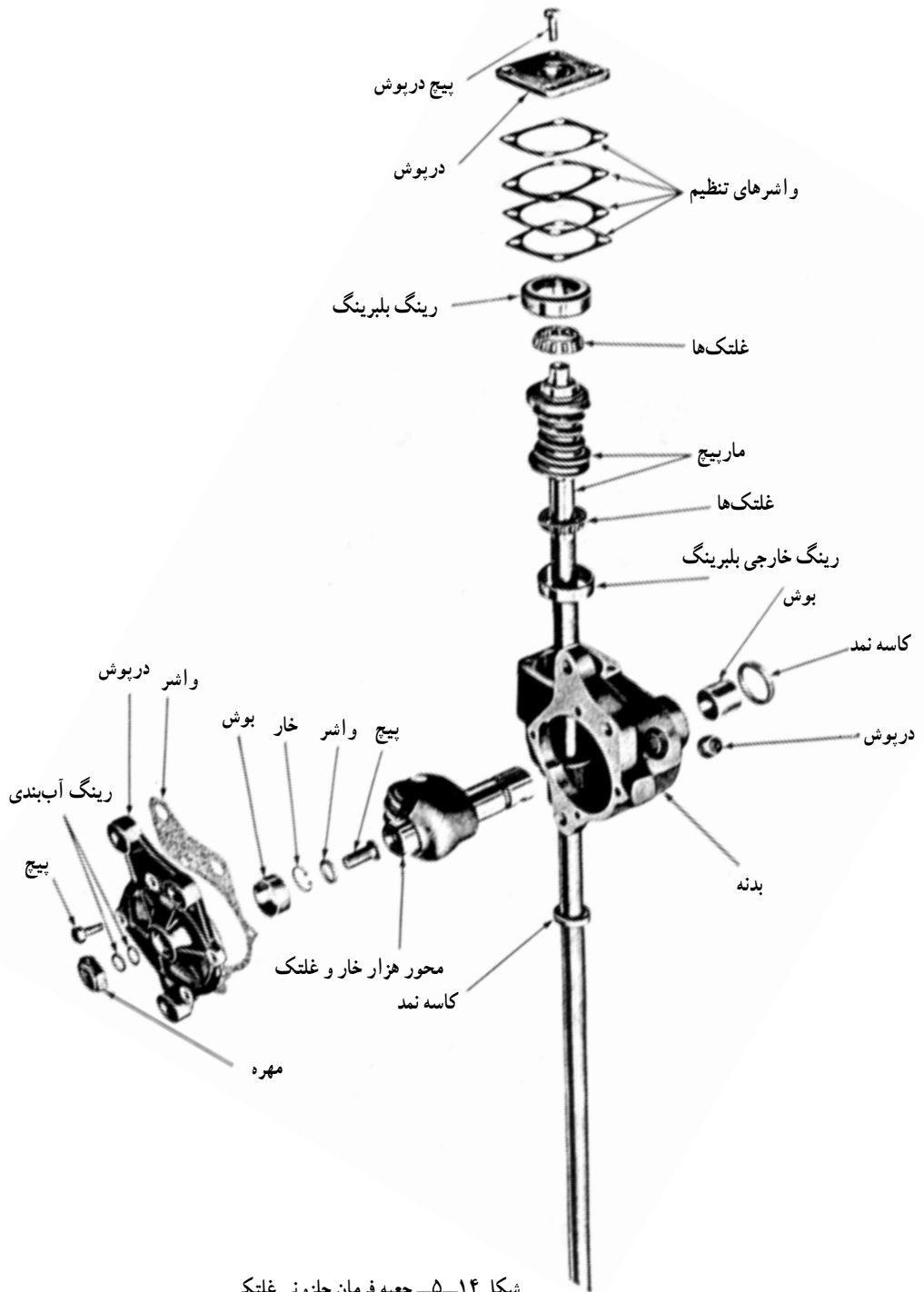
لقی بین دو چرخ دندانه در حالت وسط (حرکت مستقیم) تنظیم می‌شود، زیرا در چنین حالتی، بیشترین کار رانندگی صورت می‌گیرد و از این رو، نباید لقی نامناسب که هدایت خودرو را دشوار می‌سازد، به وجود آید. جعبه فرمان مکانیکی با روغنِ توصیه شدهٔ مناسبی پر می‌شود و دندانه‌ها در روغن، کار می‌کنند. برای جلوگیری از نشتی روغن از جعبه فرمان، کاسه نمدهایی در بین ماریپج بدنه و یا محور هزار خار و بدنه، نصب می‌کنند. در شکل ۵-۱۲ این کاسه نمدها دیده می‌شود.

**۵-۳-۴- جعبه فرمان انگشتی:** در این نوع جعبه فرمان، یک انگشتی به محور هزار خار متصل است. این انگشتی در بین ماریپج قرار می‌گیرد. با حرکت ماریپج فرمان، انگشتی حرکت خطی نموده بازوی متصل به آن، نسبت به محور انگشتی حرکت دورانی می‌کند. این حرکت به اهرم هزار خار انتقال یافته، میل بزرگ فرمان را به حرکت درمی‌آورد (شکل ۵-۱۳).



شکل ۵-۱۳- جعبه فرمان انگشتی

**۵-۳-۵- جعبه فرمان حلزونی غلتکی:** در این نوع جعبه فرمان، یک چرخ غلتک‌دار که به محور اهرم هزار خار متصل است، در روی ماریپج فرمان قرار گرفته است و با حرکت ماریپج، چرخ نیز حرکت می‌کند. این حرکت، به اهرم هزار خار انتقال می‌یابد (شکل ۵-۱۴).



شکل ۱۴-۵- جعبه فرمان حلزونی غلتکی

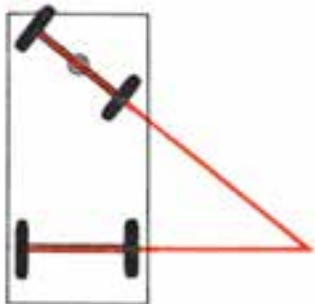
#### ۴-۵- سیستم اهرم‌بندی دستگاه فرمان

برای آنکه خودرو در هنگام پیچیدن، حرکت مطلوبی داشته باشد، علاوه بر سیستم تعلیق، دستگاه اهرم‌بندی فرمان آن نیز، باید ویژگی مورد نظر را داشته باشد تا حرکت صحیح در جاده قوس‌دار به وجود آید. به طور کلی، برای حرکت درست و بدون لغزش در پیچ این ویژگی، ضروری است:

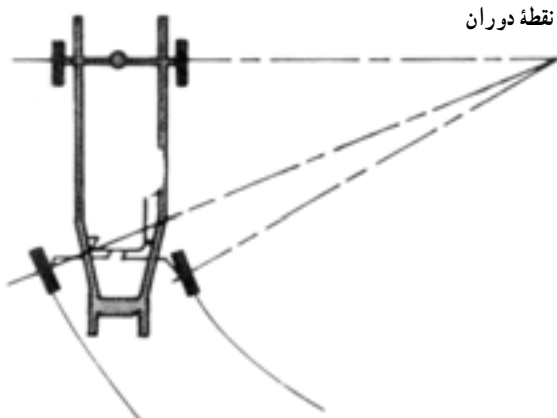
– پیچش کلیه چرخ‌های خودرو، باید حول یک مرکز واحد انجام شود (شکل ۱۵-۵).

این اصل که به نام «اصل ردولف آکرمان» معروف است در سال ۱۸۱۸ و قبل از اختراع اتومبیل در هندسه فرمان کالسکه‌ها به کار گرفته شده و به لحاظ درستی طرح، هم اکنون نیز در طراحی خودروها کاربرد دارد (شکل ۱۵-۵).

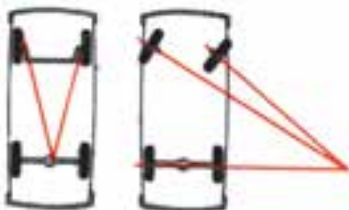
برای آنکه هر چهار چرخ خودرو حول یک مرکز دوران کنند تا از لغزیدن جلوگیری شود، باید هندسه فرمان دارای مشخصات خاصی باشد.



فرمان‌های ساده در شبکه‌ای که در آن، محور حول نقطه مرکزی دوران می‌کند.



همه چرخ‌ها حول نقطه واحدی می‌چرخند.



فرمان‌های خودروها، هر چرخ حول محور چرخش خود می‌چرخد.

شکل ۱۵-۵- اصل آکرمان در پیچیدن

## ۵-۵- هندسه فرمان

هندسه فرمان، که به آن «دوزنقه فرمان» نیز گفته می‌شود، دارای چهار ضلع (دو ضلع موازی و دو ضلع غیر موازی) است.

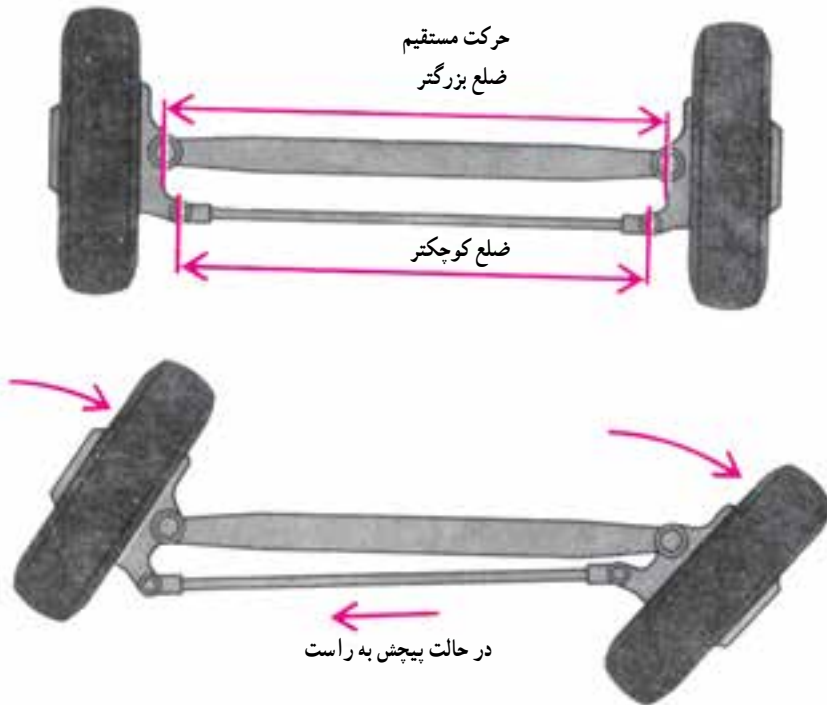
اضلاع موازی دوزنقه عبارت‌اند از:

— ضلع بزرگتر: فاصله بین دو محور سیبک‌های کینگ‌پین،

— ضلع کوچکتر: فاصله بین دو سیبک میل فرمان بزرگ.

اضلاع کوچکتر غیر موازی دوزنقه عبارت است از: امتداد دو محور اهرم چرخ که در اصطلاح

عامیانه «شغال دست» گفته می‌شود (شکل ۱۶-۵).

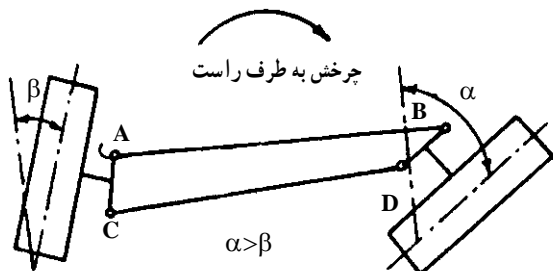


شکل ۱۶-۵- هندسه فرمان در هنگام پیچیدن

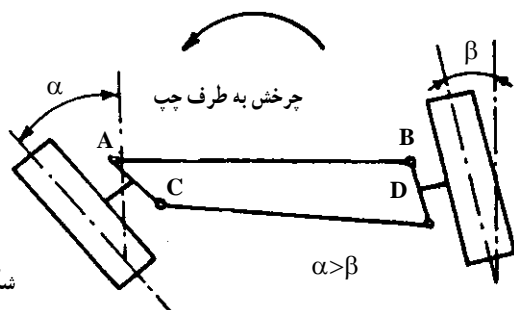
## ۵-۶- پیچش چرخ‌های جلو

با انتخاب هندسه فرمان مناسب، نیروی اهرم هزار خار به ضلع موازی و کوچک دوزنقه (میل فرمان بزرگ) وارد می‌شود و رأس داخل پیچ را بیشتر به ضلع بزرگ دوزنقه نزدیک می‌کند که

در نتیجه، چرخ داخل پیچ را بیشتر از چرخ خارج آن می چرخاند. با این طرح، چرخ داخل پیچ ۲۳ درجه و چرخ خارج آن ۲۰ درجه، نسبت به وضع عادی می چرخند تا چرخ‌ها حول مرکز واحدی چرخش کنند (شکل ۱۷-۵).



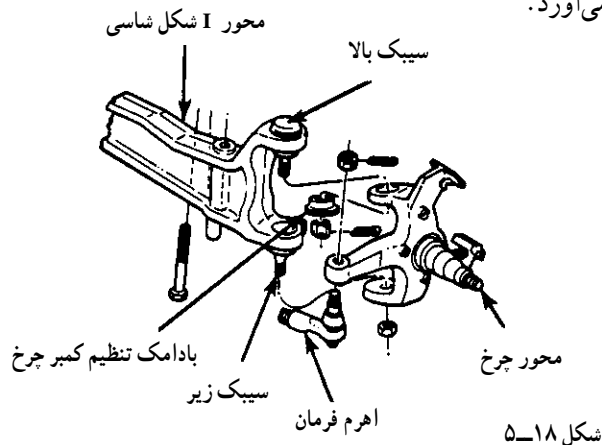
وقتی چرخ‌ها به سمت چپ گردش می‌کنند نقطه C بیشتر از نقطه D به ضلع AB نزدیک می‌شود و در نتیجه، چرخ طرف چپ (داخل پیچ) چرخش بیشتری نسبت به چرخ طرف راست (خارج پیچ) انجام می‌دهد.



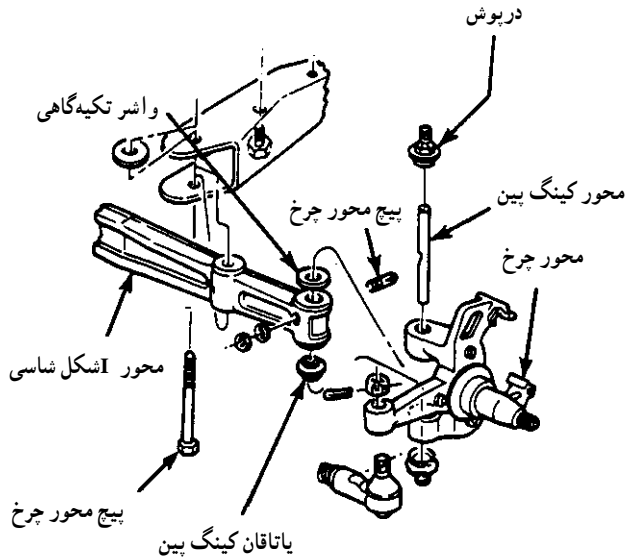
شکل ۱۷-۵- وضعیت پیش چرخ به راست و چپ

## ۷-۵- انواع اهرم بندی‌های سیستم فرمان

در خودروهای سنگین سیستم پیچشی محور چرخ جلو به صورت مژشته و دو شاخه است. این دو عضو، به وسیله یک محور نیرومند به نام «کینگ پین» به یکدیگر متصل شده مفصل بندی محکم و باثباتی را به وجود می‌آورد.

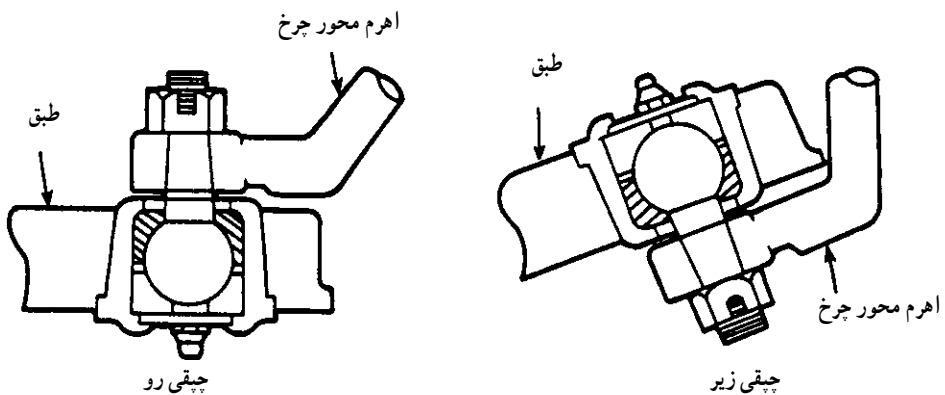


شکل ۱۸-۵

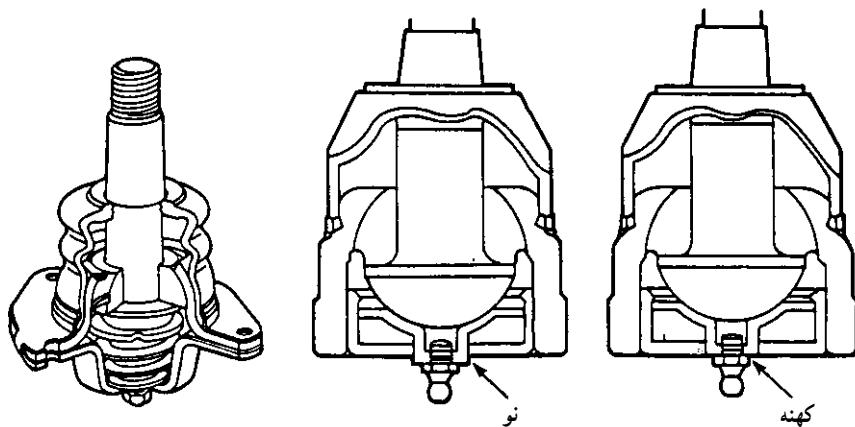


شکل ۱۹-۵- اهرم بندی فرمان در تعلیق ثابت جلو

در خودروهای سبک که سیستم تعلیق مستقل دارند، مفصل بندی اهرم‌ها از نوع سیبکی است و محور چرخشی چرخ‌های جلو، به اشکال مختلف روی سیبک‌ها قرار می‌گیرد. مفصل‌های کروی شکل (سیبک‌ها) مفصل‌هایی هستند که به نام سیبک بالا و پایین نامیده می‌شوند (شکل ۲۰-۵). حرکت نرم و موزون، می‌تواند با استفاده از سیبک‌های پلاستیکی به وجود آید. به مفصل کروی که بار عمودی را تحمل می‌کند، «سیبک» (شکل ۲۰-۵) و به سیبک‌هایی که بار مالشی و سایشی را تحمل می‌کند، «چقی» گویند (شکل ۱۹-۵).



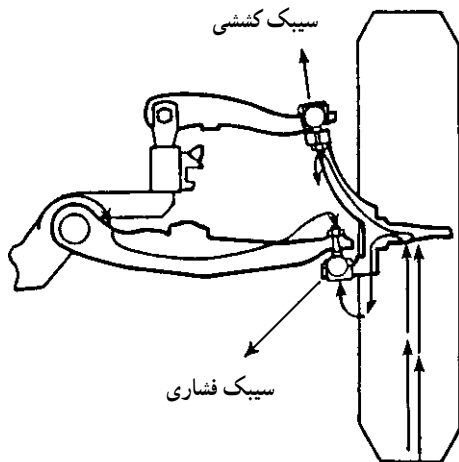
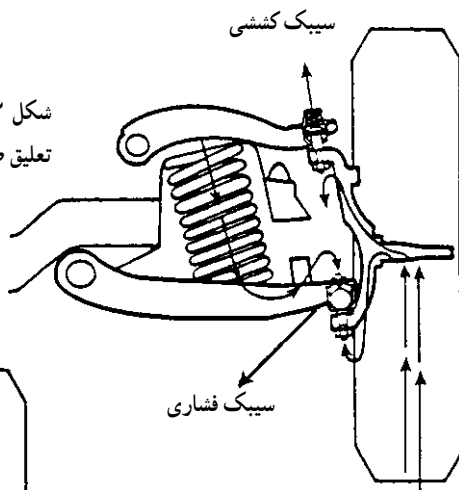
شکل ۲۰-۵- چقی



شکل ۵-۲۱- سیبک

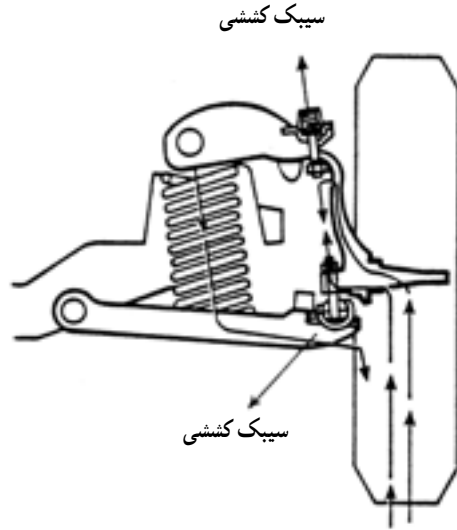
در اشکال (۵-۲۲ تا ۵-۲۴) سیبک‌ها در معرض نیروهای متفاوتی قرار گرفته‌اند. بنابراین، هر سیبک را برای جذب بار معینی طراحی می‌کنند.

شکل ۵-۲۲- نمایش نیرو بر سیبک‌های تعلیق طبق‌دار دابل، با فنر ماریچی



شکل ۵-۲۳- نمایش نیرو بر سیبک‌های طبق‌دار دابل، با فنر بیجشی





شکل ۲۴-۵- سیبک‌ها هر دو در معرض کنش هستند.

## پرسش ؟

- ۱- اجزای به کار رفته در دستگاه فرمان مکانیکی را توضیح دهید و مدار حرکت آن را رسم کنید.
- ۲- انواع فلک‌های فرمان ایمن را شرح دهید.
- ۳- طرز کار فرمان کشویی را بنویسید.
- ۴- طرز کار فرمان حلزونی تاج خروسی را تعریف کنید.
- ۵- طرز کار و ساختمان جعبه فرمان ساچمه‌ای را شرح دهید.
- ۶- ساختمان و طرز کار جعبه فرمان انگشتی را توضیح دهید.
- ۷- ساختمان و طرز کار جعبه فرمان حلزونی غلتکی را تشریح کنید.
- ۸- هندسه فرمان و شرایط پیچش خودرو در یک پیچ را شرح دهید.