فصل اول

مفاهیم و اصول کلی مولد قدرت

هدف‌های رفتاری : پس از آموزش این فصل از هنرجو انتظار می‌رود :

۱ــ تبدیل انرژی را توضیح دهد.

۲ــ آزاد شدن گرما در حجم ثابت را توضیح دهد.

۳ــ آزاد شدن گرما در فشار ثابت را توضیح دهد.

۴ــ سیکل‌های دوگانه را توضیح دهد.

۵ــ اصول کار موتورهای پیستونی را توضیح دهد.

۶ــ گروه‌بندی خودرو را نام ببرد.

۷ــ گروه تولید قدرت را توضیح دهد.

۸ــ گروه انتقال قدرت را توضیح دهد.

۹ــ گروه فنربندی و تعلیق را توضیح دهد.

۱۰ــ گروه چرخ‌بندی و ترمزها را توضیح دهد.

۱۱ــ گروه بدنه و اتاق و شاسی را توضیح دهد.

۱۲ــ گروه فرمان را توضیح دهد.

۱۳ــ گروه مدارهای الکتریکی را توضیح دهد.

۱۴ــ اجزاء و متعلقات موتور را نام ببرد.

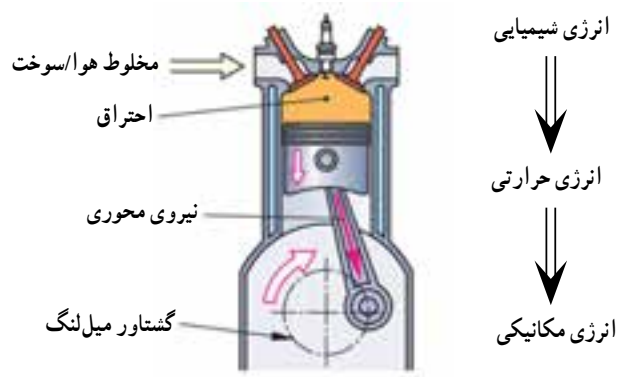
۱۵ــ اجزاء و متعلقات موتور را تعریف کند.

۱۶ــ اصطلاحات فنی را تعریف کند.

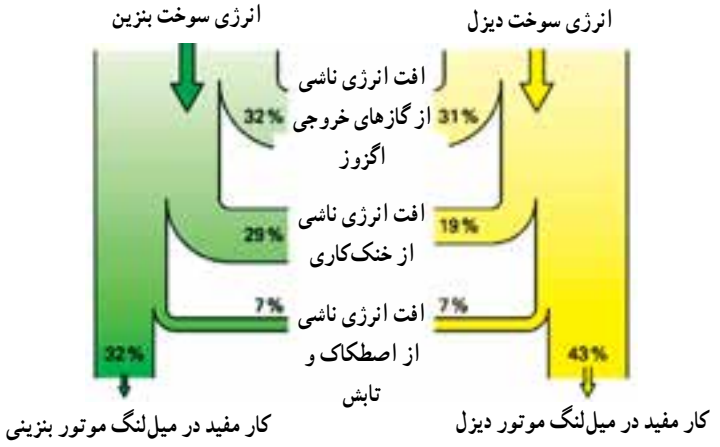
۱ــ۱ــ تبدیل انرژی

موتور احتراق داخلی، ماشینی است که در آن انرژی شیمیایی سوخت به انرژی حرارتی و انرژی حرارتی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود (شکل ۱ــ۱). به عبارت دیگر دو مرحله تبدیل انرژی در آن

صورت می‌گیرد. در این فرآیند تنها بخشی از انرژی شیمیایی سوخت (انرژی اولیه) که به حرارت تبدیل می‌شود منجر به کار مفید و تولید قدرت می‌گردد. بخش عمده این انرژی سبب غلبه بر افت اصطکاکی قطعات و بخش‌های مختلف موتور می‌گردد. به‌طور مثال غلبه بر افت اصطکاک بین یاتاقان‌های ثابت و متحرک میل لنگ و یا غلبه بر اصطکاک بین رینگ‌های پیستون و دیواره سیلندر. بخش دیگری از این انرژی صرف کار پمپ آب جهت به گردش در آوردن آب رادیاتور و در تابستان کار کمپرسور جهت تولید هوای خنک برای آسایش سرنشینان می‌شود. بخش زیادی از انرژی حرارتی نیز از اگزوز موتور به محیط بیرون خارج می‌گردد. در شکل ۲ــ۱ میزان تقریبی سهم بخش‌های مختلف موتور از انرژی حرارتی نشان داده شده است.



شکل ۱ــ۱ــ فرآیند تبدیل انرژی در یک موتور احتراق داخلی



شکل ۲ــ۱ــ سهم بخش‌های مختلف موتور از انرژی سوخت ورودی به موتور

۲ــ۱ــ ترمودینامیک موتور

۱ــ۲ــ۱ــ آزاد شدن گرما در حجم ثابت : سیکلی که در آن گرما در حجم ثابت آزاد می‌شود سیکل اتو نامیده می‌شود. در این تحلیل فرض می‌شود احتراق به قدری سریع رخ داده که پیستون در حین احتراق حرکتی نکرده است. به زبان دیگر در این سیکل فرض می‌شود احتراق در حجم ثابت رخ داده است. در این حالت احتراق با یک جرقه شروع می‌شود، به همین دلیل موتوری که بر مبنای سیکل اتو کار می‌کند، موتور اشتعال جرقه‌ای نام گرفته است. سیکل اتو یک فرآیند چهارزمانه است و از مراحل تنفس، تراکم، انبساط و تخلیه تشکیل شده است. بنابراین در این‌گونه موتورها یک سیکل کامل در دو دور موتور انجام می‌شود.

سیکل اتو پس از اختراع موتور چهارزمانه توسط نیکلاس اتو در سال ۱۸۷۶ به اسم او نام گرفت. اتو به عنوان مخترع موتورهای احتراق داخلی مدرن و نیز پایه‌گذار صنایع موتورسازی معروف است. موتور چهارزمانه‌ای که اتو برای اولین بار تولید نمود دارای توان (۲hp) ۱/۵kW در سرعت موتور ۱۶۰rpm بود.

۲ــ۲ــ۱ــ آزاد شدن گرما در فشار ثابت : این نوع سیکل به سیکل دیزل معروف است و به منظور شبیه‌سازی موتورهایی استفاده می‌شود که با کنترل احتراق در آن، ابتدای مرحله انبساط به شکل فشار ثابت صورت گیرد. موتورهای مبتنی بر سیکل دیزل، موتورهای اشتعال تراکمی نیز نامیده می‌شوند.

سیکل مذکور پس از اختراع موتوری با قابلیت پاشش مستقیم سوخت مایع به محفظه احتراق توسط رادلف دیزل در سال ۱۸۹۷ به نام سیکل دیزل نام گرفت.

نسبت تراکم در موتورهای دیزل نسبت به موتورهای اشتعال جرقه‌ای بیشتر است. این نسبت در موتورهای دیزل در حدود ۱۵ الی ۲۰ می‌باشد. این نسبت تراکم باعث می‌شود دمای دیواره‌های سیلندر به اندازه‌ای باشد که موجبات خود اشتعالی مخلوط سوخت و هوا را فراهم آورد. مدت مرحله احتراق به وسیله زمان پاشش و نیز نحوه اختلاط افشانه سوخت کنترل می‌شود.

۳ــ۲ــ۱ــ سیکل‌های دوگانه : عملکرد موتورهای اشتعال تراکمی امروزی به هیچ‌یک از

سیکل‌های فشار ثابت و حجم ثابت شباهتی ندارد، بلکه در وضعیتی میان آن دو کار می‌کند که در آن بخشی از حرارت به‌صورت حجم ثابت و بخش دیگر آن به صورت فشار ثابت آزاد خواهد شد. سیکل دوگانه، سیکل گازی است که به منظور مدل‌سازی دقیق موتورهایی که در آن احتراق کندتر از حالت حجم ثابت ولی تندتر از حالت فشار ثابت رخ می‌دهد مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از سیکل‌های دوگانه همچنین می‌توان روابط جبری برای پارامترهای کارآیی موتور نظیر بازده حرارتی پیشنهاد داد. پخش آزاد شدن گرما در دوگونه مختلف حجم ثابت و فشار ثابت از جمله مسائلی است که طراح موتور می‌تواند آن را با استفاده از نوع سوخت، نوع سیستم تزریق سوخت و هندسه موتور تحت کنترل قرار دهد. با استفاده از کنترل نحوه آزاد شدن گرما می‌توان فشار بیشینه سیلندر را محدود نمود. به همین دلیل سیکل دوگانه را سیکل فشار محدود نیز می‌نامند.

۳ــ۱ــ اصول کار موتورهای پیستونی

در موتورهای پیستونی، انرژی شیمیایی سوخت پس از احتراق که ناشی از جرقهٔ شمع (در موتورهای اشتعال جرقه‌ای) عموماً در موتورهای بنزینی و یا انفجار مخلوط (در موتورهای اشتعال تراکمی) عموماً در موتورهای دیزل صورت می‌گیرد، به‌واسطهٔ فشار تولید شده، سبب حرکت پیستون می‌گردد. حرکت رفت و برگشتی پیستون سبب انتقال قدرت به میل لنگ و در نهایت به چرخ‌ها می‌گردد. در فصل‌های بعدی شرح کاملی از عملکرد موتورهای پیستونی ارائه خواهد شد.

موتورهای احتراقی به سه دسته تقسیم می‌شوند : احتراق در حجم ثابت (بنزینی)، احتراق در فشار ثابت (دیزلی) و احتراق پیوسته (توربینی). در جدول زیر مشخصات این نوع از موتورها، نحوه عملکرد، نمونه‌های موجود و موارد مصرف آن‌ها ذکر شده است.

جدول ۱ــ۱ــ مشخصات انواع موتورهای احتراق داخلی

مشخصات	موتورهای انفجاری با سیکل حجم ثابت (بنزینی)	موتورهای احتراقی با سیکل فشار ثابت (سوخت سنگین)	موتورهای احتراق پیوسته (توربینی)
زمان کار	دو و چهار زمانه	دو و چهار زمانه	پایا (دایم)
سوخت‌رسانی	کاربراتوری ــ انژکتوری	انژکتوری	انژکتوری
نوع سوخت	بنزین ــ الکل ــ گاز	گازوئیل و مازوت	نفت سفید

نام سیکل	اتو	دیزل	توربینی
نحوهٔ اشتعال گاز	به‌وسیله جرقه شمع (دستگاه آتش‌زنه)	خودبه‌خود (به‌وسیله گرمای تراکم)	ابتدا با جرقه شمع و سپس به‌طور خودبه‌خود
انواع موتورهای ساخته شده	پیستونی ــ روتوری	دیزل ــ نیم‌دیزل	عکس‌العملی و تور بوشافت
مورد مصرف	در اتومبیل‌های سواری در کاربری‌های سبک	خودروهای سواری و سنگین خودروهای دریایی ماشین‌های کشاورزی موتورهای ثابت و غیره	هواپیماها ترن‌ها

۴ــ۱ــ گروه‌بندی خودرو

خودرو، مجموعه‌ای از قطعات طراحی شده مختلف می‌باشد که با نظم خاص و در ارتباط با یکدیگر، طوری کنار هم قرار گرفته‌اند که هدف مورد نظر را تأمین نمایند. بنابراین وقتی به شکل ظاهری آن نگاه می‌کنیم فقط تعدادی قطعات فلزی ثابت و متحرک مانند لوله‌ها و بست‌ها و قطعات متحرک لاستیکی و فلزی و غیره، نظر ما را جلب می‌کند.

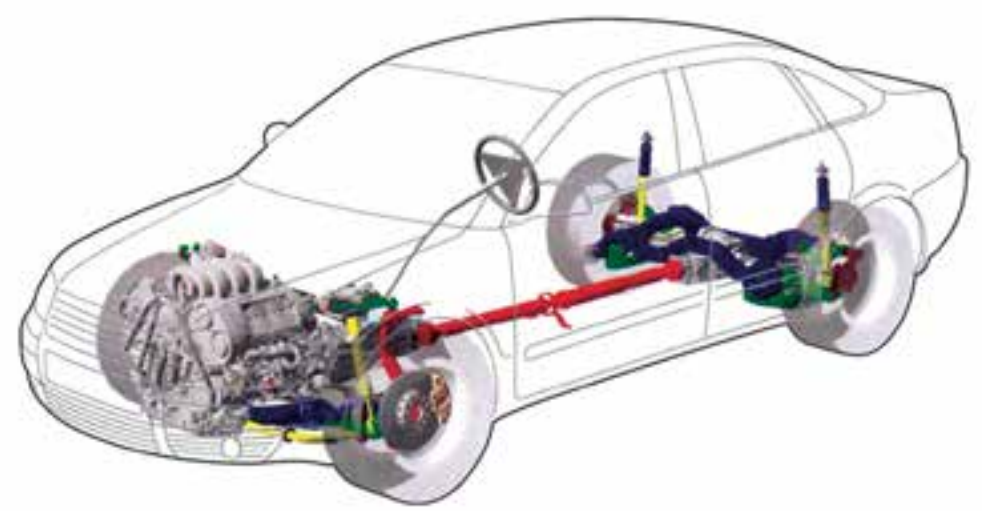
به‌طور متوسط ۱۳۰۰۰ قطعه مختلف در یک اتومبیل معمولی وجود دارد که حدوداً ۱۵۰۰ قطعه آن متحرک، با شرایط خاص و با تلرانس خیلی کم که به ۰/۰۱ میلی‌متر یا حتی کمتر نیز می‌رسد با یکدیگر کار می‌کنند. بیش از پنجاه ماده مختلف، از فولاد و فلزات رنگین گرفته تا مقوا و نایلون و غیره در یک خودرو به‌کار گرفته شده است. قسمت‌های مختلف یک خودرو را می‌توان به هفت گروه اصلی تقسیم‌بندی کرد.

۱ــ۴ــ۱ــ گروه تولید قدرت (موتور) : در این واحد که انرژی شیمیایی بنزین، به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود، حرارت ناشی از سوختن هیدروکربورها به بالاتر از $700^{\circ}C$ می‌رسد که به علت بازده مفید سیستم، حدود $\frac{1}{4}$ حرارت تولید شده به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود و بقیّه به صورت انتقال حرارت به محیط، گرم کردن آب و خروج گازهای حاصل از احتراق از اگزوز، تلف می‌شود. در یک موتور حدود ۱۲۰ تا ۱۵۰ قطعه متحرّک وجود دارد که نیاز به روغن‌کاری دارند تا بتوانند به‌درستی وظیفه خود را انجام دهند.

شکل ۳ــ۱ــ نمای برش خورده سیستم تولید قدرت (موتور)

۲ــ۴ــ۱ــ گروه انتقال قدرت : این مجموعه، وظیفه دارد قدرت موتور را به چرخ‌ها انتقال دهد، که شامل قسمت‌های زیر است (شکل ۴ــ۱) :

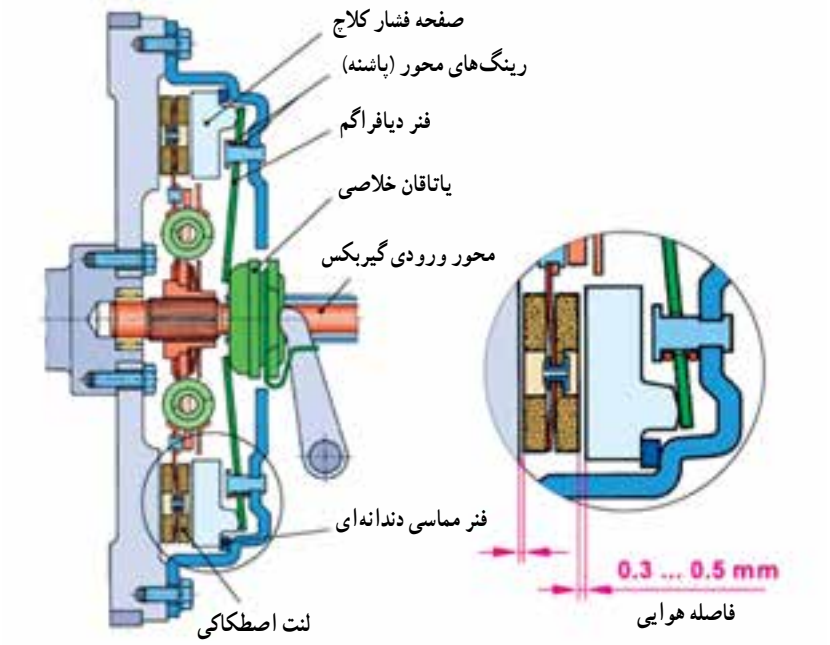
الف) جعبه دنده یا مبدّل گشتاور و سرعت، که با ثابت بودن قدرت، سرعت دلخواه را در موقعی که مقاومت جادّه اندک است و یا گشتاور دلخواه را در موقعی که مقاومت مسیر حرکت زیاد است،



شکل ۴ــ۱ــ سیستم انتقال قدرت در یک خودرو

فراهم می‌کند.

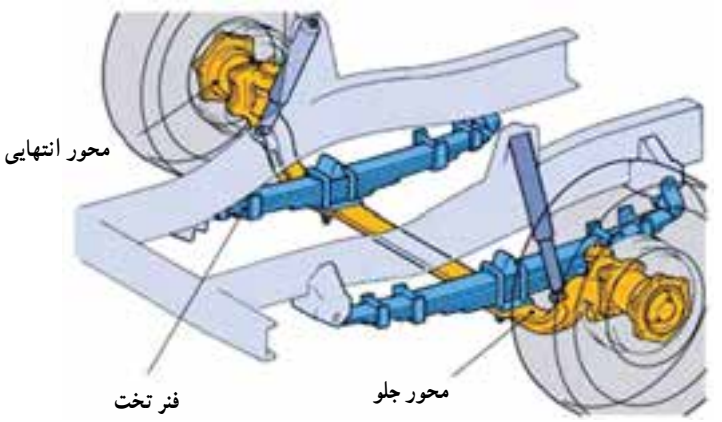
ب)کلاچ، که عامل قطع و وصل قدرت است و امکان تعویض دنده را فراهم می‌کند. باید دانست که برای حرکت در شهرهای بزرگ به ازای پیمودن هر یک صد کیلومتر مسافت، بیش از ۷۰۰ بار عمل تعویض دنده یا گرفتن کلاچ، انجام می‌شود (شکل ۵ــ۱).



شکل ۵ــ۱ــ گروه انتقال قدرت (قسمت کلاچ)

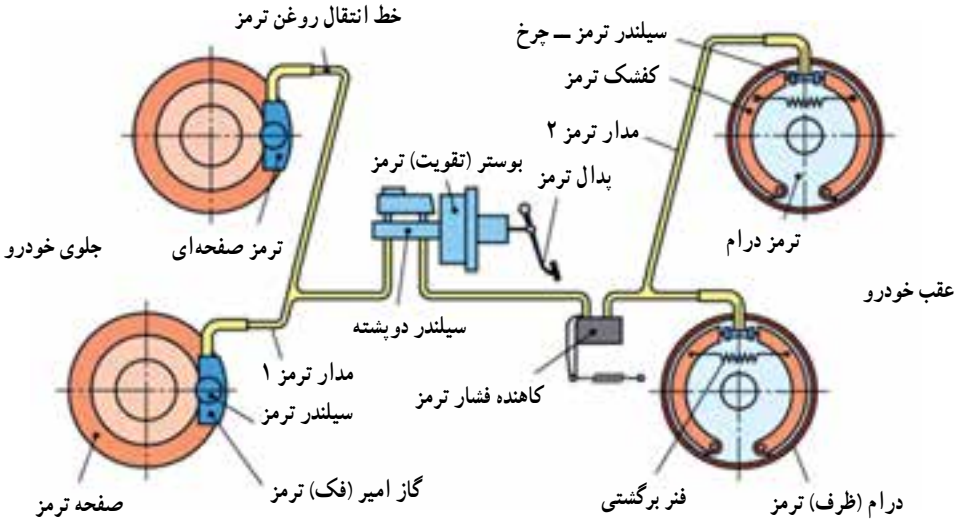
۳ــ۴ــ۱ــ گروه فنربندی و تعلیق : در اتومبیل‌های جدید، دستگاه فنربندی و تعلیق در هر دقیقه بیش از ۱۰۰۰ تا۱۲۰۰ بار نوسان می‌کنند تا اتاق و شاسی، سرنشینان را در معرض ضربه‌های ناشی از ناهمواری‌های جاده قرار ندهد و آسایش سرنشینان خودرو را فراهم کند و تسلّط راننده بر خودرو نیز افزایش یابد (شکل ۶ــ۱).

۴ــ۴ــ۱ــ گروه چرخ بندی و ترمزها : به‌طور متوسّط در هر ۹۰۰۰۰ کیلومتر مسافت پیموده شده یا هر شش سال کار خودروها، هر چرخ ۹۵ میلیون بار چرخش می‌کند.



شکل ۶ــ۱ــ فنربندی و تعلیق

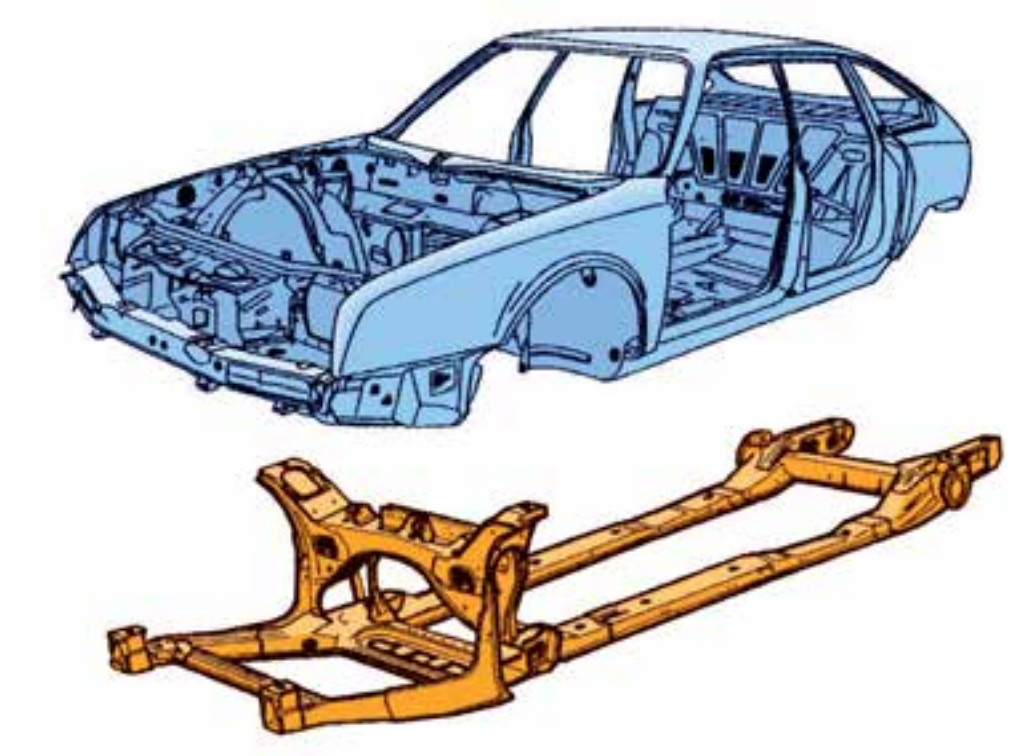
هر بار که سیستم ترمز نیرو صرف می‌کند تا یک اتومبیل با سرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت را متوقّف نماید بر اثر اصطکاک، گرمایی تلف می‌شود که می‌تواند یک لیتر آب را به جوش آورد (شکل ۷ــ۱).



شکل ۷ــ۱ــ چرخ بندی و ترمز

۵ــ۴ــ۱ــ گروه بدنه، اتاق و شاسی : بدنه اتومبیل‌های جدید طوری ساخته می‌شود که بتواند کلیه قطعات دیگر را نگهداری کند. در بدنه اتومبیل‌های متوسط حدود ۴۰ متر مربع ورق

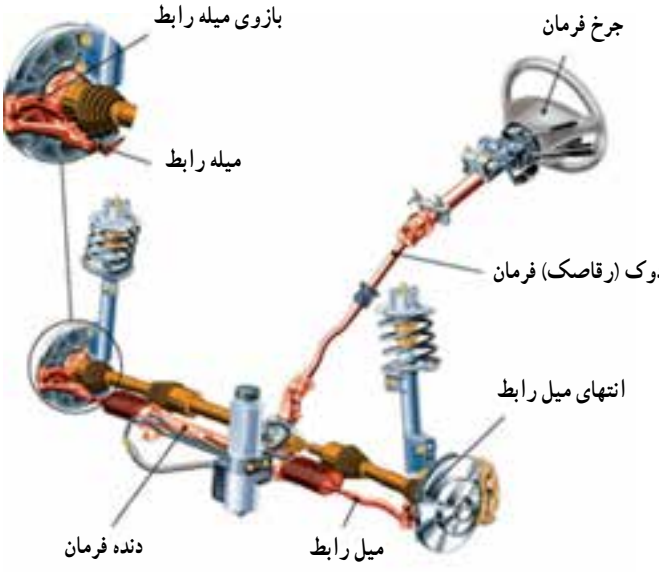
فولادی با ضخامت‌های ۰/۴ تا ۱/۲ میلی‌متر به کار می‌رود تا بتواند تنش‌های مختلف را به‌خوبی تحمل کند (شکل ۸ــ۱).



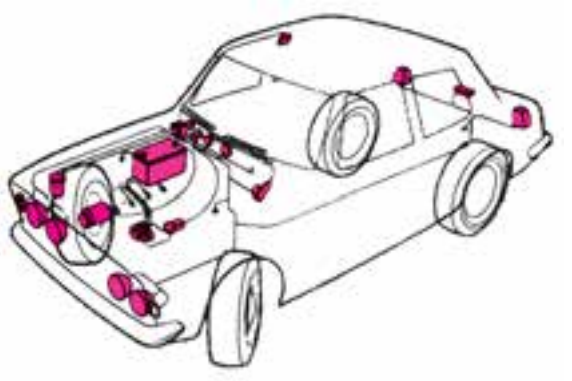
شکل ۸ــ۱ــ گروه اتاق و شاسی

۶ــ۴ــ۱ــ گروه فرمان : نیروی متوسّطی که لازم است تا بتوان اتومبیلی را در یک پیچ معمولی هدایت کرد، بین ۵ تا ۱۰ کیلوگرم می‌باشد ولی سیستم‌های جدید فرمان، این نیرو را به حدود ۳۰ گرم تقلیل می‌دهند (شکل ۹ــ۱).

۷ــ۴ــ۱ــ گروه مدارات الکتریکی : از باطری‌های ۶ ، ۱۲ و ۲۴ ولتی برای راه اندازی و روشن کردن موتور استفاده می‌شود. سیستم جرقه زنی، ولتاژ باطری را تا ۳۰۰۰۰ ولت افزایش داده، برای جرقه زنی موتور آماده می‌کند. در این گروه همچنین چراغ‌های روشنایی و علایم، برف پاک‌کن‌ها، بخاری و دیگر وسایل الکتریکی نصب شده است (شکل ۱۰ــ۱).



شکل ۹ــ۱ــ سیستم فرمان



شکل ۱۰ــ۱ــ سیستم برق رسانی (الکتریکی)

۵ــ۱ــ اجزا و متعلقات موتور

● **سرسیلندر** : قطعه‌ای است که به عنوان درپوش در بالای بدنه سیلندر بسته می‌شود تا محفظه احتراق را به وجود آورد. معمولاً در روی سرسیلندر، جای شمع، جای سوپاپ و غیره قرار دارد.

● **راهنمای سوپاپ** : استوانه‌ای که سوپاپ در آن حرکت کرده، به علّت داشتن لقی مجاز، حرکت سوپاپ را کنترل می‌کند.

● **مانیفولد** : لوله‌های انتقال دهنده‌ای است که سوخت را به موتور وارد یا دوده‌های حاصل از احتراق را به فضای آزاد هدایت می‌کند.

● **سیلندر** : استوانه‌ای است توخالی که از بالا به‌وسیله سر سیلندر مسدود شده و از طرف پایین با حرکت پیستون حجم آن مرتباً تغییر می‌کند.

● **سوپاپ** : قطعه فلزّی است قارچی شکل، که در روی دریچه‌های ورودی و خروجی سرسیلندر قرار گرفته است و در زمان‌های کار موتور، با باز و بسته شدن خود، ایجاد جرقه می‌نماید و مخلوط متراکم شده سوخت را منفجر می‌کند.

● **فنر سوپاپ** : وسیله‌ای است که در موارد لزوم سوپاپ را می‌بندد.

● **اسبک** : وسیله‌ای است که در موارد لزوم سوپاپ را باز می‌کند.

● **شمع** : وسیله‌ای است متشکل از دو الکترود و بدنه سرامیکی که بر اثر ولتاژ زیاد ایجاد شده به‌وسیله ترانس (کویل) در زمان مناسب طرّاحی شده، ایجاد جرقه می‌نماید و مخلوط متراکم شده سوخت را منفجر می‌کند.

● **پیستون** : قطعه استوانه شکلی است که در داخل سیلندر حرکت رفت و برگشتی دارد و زمان‌های موتور را به‌وجود می‌آورد. ضمناً نیروهای تراکمی و انبساط ناشی از احتراق را تحمل می‌کند.

● **شاتون** : اهرمی است که به پیستون و میل لنگ متصّل بوده، باعث تبدیل شدن نیروی خطی پیستون به نیروی چرخشی میل لنگ (گشتاور) می‌گردد.

● **میل‌لنگ** : محوری است که کار انجام شده در روی پیستون را به‌صورت گشتاور و دور، به سیستم انتقال قدرت ارسال می‌کند.

● **راهگاه آب** : محفظه‌های عبور آب در اطراف سیلندر و سرسیلندر می‌باشد که آب در آن گردش کرده، گرمای بیش از اندازه موتور را به رادیاتور انتقال می‌دهد.

● **دلکو** : دستگاهی است که برق فشارقوی را در زمان لازم بین شمع‌ها تقسیم می‌کند.

● **پمپ روغن** : دستگاهی است که روغن را با فشار معیّن به قسمت‌های متحرّک موتور می‌رساند.

● **فیلتر روغن** : وسیله‌ای است که ناخالصی‌های شناور در روغن را جذب می‌کند.

● **تایپت** : استوانه‌ای است که در زیر ساق سوپاپ و یا میل تایپت قرار دارد و سوپاپ را از محل نشست خود بلند می‌کند و حرکت خود را از بادامک میل سوپاپ می‌گیرد.

● **میل سوپاپ** : محوری است که حرکت خود را از میل لنگ می‌گیرد و دارای بادامک‌هایی است که به تایپت‌ها حرکت رفت و برگشتی می‌دهد. به‌علاوه استوانه خارج از مرکزی دارد که پمپ بنزین را به‌کار می‌اندازد و نیز دارای چرخ دنده محرّک اویل پمپ و دلکو می‌باشد.

● **بادامک** : قطعه‌ای است بادام شکل که در روی محور میل سوپاپ ساخته شده و حرکت دورانی محور را به حرکت خطّی قطعه دیگری که با آن درگیر است، میسر می‌کند.

● **فلایویل (چرخ طیار)** : قطعه نسبتاً سنگینی است که به انتهای میل لنگ بسته شده که جهت ذخیره انرژی تولید شده در موتور و باز پس دهی آن در زمان مورد نیاز به‌کار می‌رود.

● **کاربراتور** : دستگاهی است که در آن سوخت موتور با نسبت معینی و در شرایط مختلف کارکرد موتور، آماده می‌شود.

● **ترموستات** : دستگاهی است که در مدار خروجی آب موتور قرار گرفته، درجه حرارت آب را کنترل و در حد معینی ثابت نگاه می‌دارد.

● **واتر پمپ** : دستگاهی است که آب را بین موتور و رادیاتور به گردش درمی‌آورد.

● **موتور استارت** : دستگاه الکتریکی است که برای راه اندازی موتور به‌کار می‌رود.

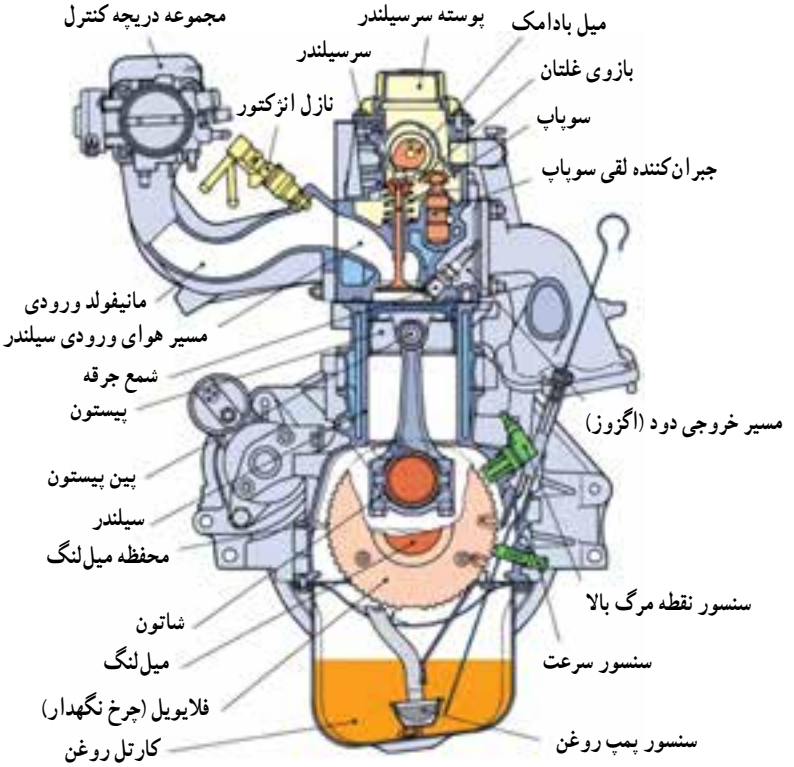
● **میله اندازه‌گیر روغن** : وسیله‌ای است که سطح روغن را در کارتل به‌وسیله آن مشاهده می‌کنند.

● **وایرهای فشارقوی** : وسیله‌ای هستند که برق فشارقوی را از کویل به دلکو و به سر شمع‌ها می‌رسانند.

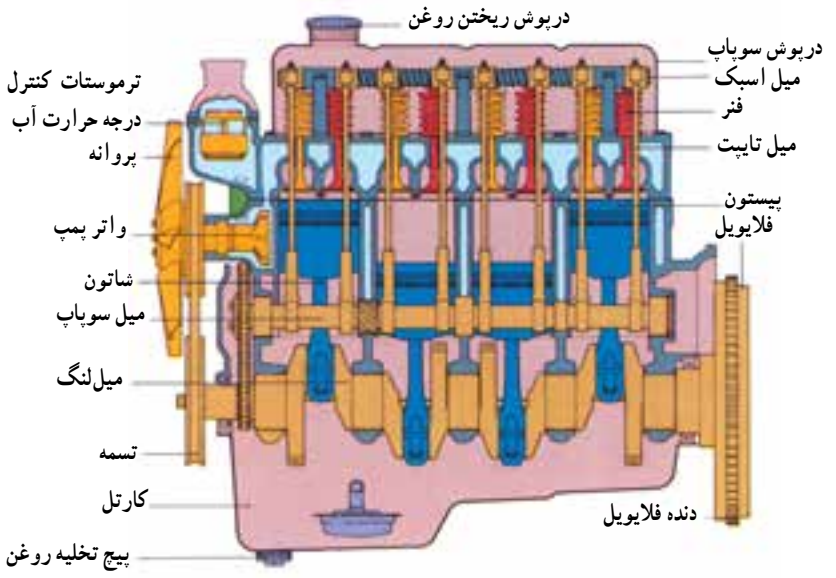
● **پمپ بنزین** : دستگاهی است که بنزین را از باک به کاربراتور انتقال می‌دهد.

● **دینام** : دستگاهی است که برق مورد لزوم خودرو را تأمین می‌کند.

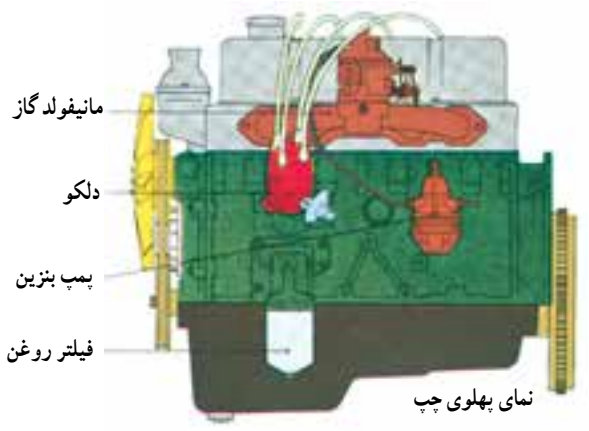
● **پروانه** : قطعه‌ای است که هوای محیط خارج را از بالای پره‌های رادیاتور مکیده، آب را خنک می‌کند.

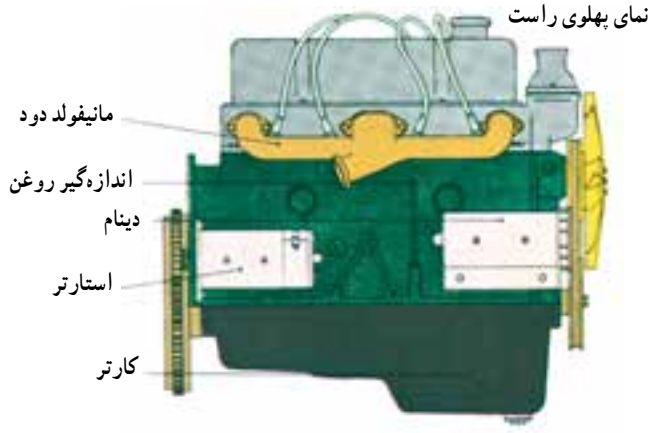


شکل ۱۱ــ۱ــ ساختمان داخلی موتور و اجزای آن از نمای روبرو



شکل ۱۲ــ۱ــ ساختمان داخلی موتور و اجزای آن از نمای جانبی





شکل ۱۳ــ۱ــ موتور در نماهای مختلف

۶ــ۱ــ اصطلاحات فنی

● **سیکل (چرخه)** : عبارتست از یک دوره کامل که حجم مشخصی سوخت وارد سیلندر شده و پس از احتراق از آن خارج می‌شود. با توجه به اینکه این عمل مدام تکرار می‌شود فرایند مذکور سیکل احتراقی نامیده می‌شود. به‌عبارت دیگر مجموعه چهار زمان کامل موتور است که از مکش، تراکم، قدرت و تخلیه تشکیل می‌گردد.

● **نقطه مرگ پایین BDC(Bottom Dead Center)** : در مسیر حرکت پیستون پایین‌ترین نقطه بوده، در آنجا سرعت پیستون صفر می‌باشد و تغییر جهت حرکت می‌دهد.

● **نقطه مرگ بالا TDC(Top Dead Center)** : در مسیر حرکت پیستون، بالاترین نقطه است که در آنجا سرعت پیستون صفر شده، تغییر جهت حرکت می‌دهد.

● **کورس پیستون** : فاصله بین مرگ بالا و پایین، کورس یا طول جابه‌جایی پیستون می‌گویند.

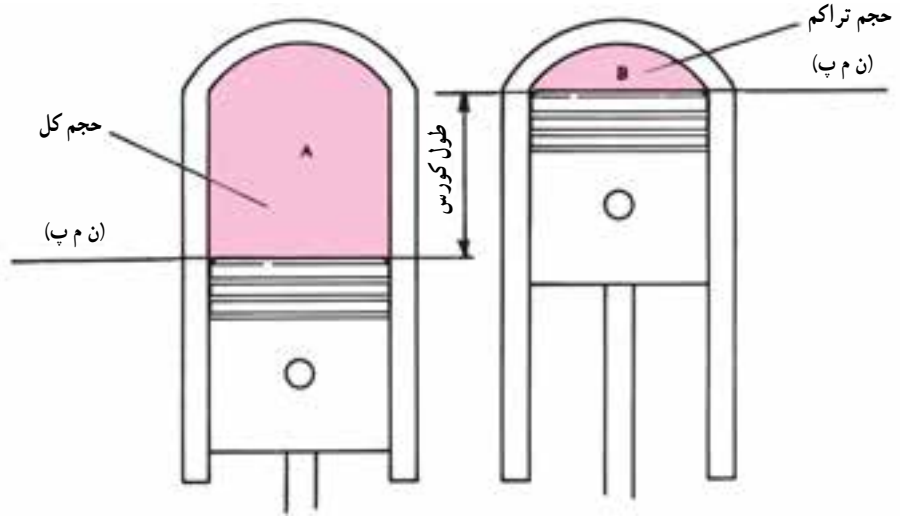
● **حجم جابه‌جایی** : حجم جابه‌جایی موتور فضایی است که بین دو نقطه مرگ بالا و پایین محدود می‌شود. پیستون در این فضا حرکت رفت و برگشتی دارد.

● **حجم تراکم** : حجم تراکم به فضایی که بین پیستون و سرسیلندر ــ وقتی که پیستون در نقطه مرگ بالا قرار دارد ــ گفته می‌شود (شکل ۲۲ــ۱).

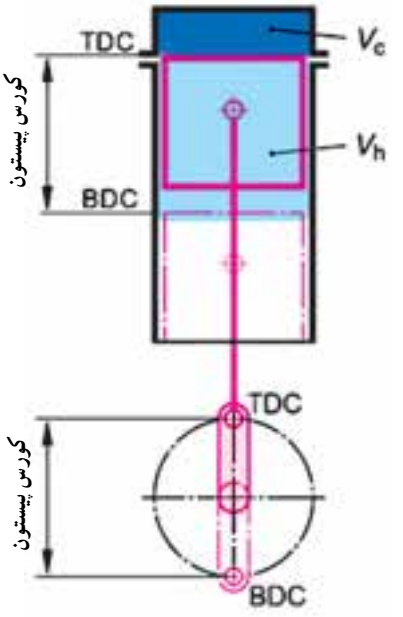
● **حجم کل یک سیلندر** : عبارتست از مجموع حجم جابه‌جایی و حجم تراکم.

● **حجم جابه‌جایی کل موتور** : حاصل‌ضرب تعداد سیلندر در حجم جابه‌جایی یک سیلندر را حجم جابه‌جایی موتور گویند. حجم جابه‌جایی کل موتور را به‌صورت لیتر یا سانتی‌متر مکعب در کاتالوگ‌های فنی و همچنین در روی بدنه اتاق خودرو مشخّص می‌کنند.

● **نسبت تراکم** : نسبت حجم کل به حجم تراکم یک سیلندر را نسبت تراکم گویند.



شکل ۱۴ــ۱ــ نسبت تراکم موتور برابر است با : $\frac{\text{حجم A}}{\text{حجم B}}$



شکل ۱۵ــ۱ــ طول کورس (جابه‌جایی) پیستون

سؤالات

- فرآیند تبدیل انرژی در یک موتور احتراق داخلی را شرح دهید.
- سهم بخش‌های مختلف موتور از انرژی سوخت ورودی به موتور چگونه است.
- هفت گروه مختلف خودرو را نام ببرید.
- وظیفه گروه تولید قدرت را تشریح کنید.
- وظیفه گروه انتقال قدرت را شرح دهید.
- انواع موتور را از نظر نوع احتراق نام ببرید.
- نسبت تراکم موتور را با ذکر رابطه بیان کنید.