

### آشنایی با موتورهای احتراق داخلی

هدفهای رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند:

- ۱- موتور احتراقی را تعریف نماید.
- ۲- تقسیم‌بندی موتورهای احتراق داخلی را توضیح دهد.
- ۳- اصطلاحات و مشخصات فنی موتور را توضیح دهد.
- ۴- مراحل احتراق انواع موتورهای احتراق داخلی را توضیح دهد.
- ۵- موتور دیزل را شناسایی کند.
- ۶- موتور بنزینی را شناسایی کند.
- ۷- تعداد سیلندر یک موتور را تعیین کند.

#### ۱-۲- اصول کار موتورهای حرارتی

موتور چیست؟ هر وسیله مکانیکی یا ماشینی که حرارت یا سایر اشکال انرژی از قبیل باد، آب جاری و الکتریسیته را به کار مکانیکی تبدیل کند موتور نامیده می‌شود. نوعی از این موتورها که انرژی حرارتی را به کار تبدیل می‌کنند موتور حرارتی نامیده می‌شوند.

موتورهای حرارتی به دو دسته مهم تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

۱- موتورهای احتراق خارجی (موتورهای برون سوز): موتورهای بخار که منبع عمده تولید قدرت در اوایل قرن بیستم بودند انرژی لازم را با سوزاندن زغال در بیرون موتور بدست می‌آورند. این گرما سبب تبدیل آب به بخار شده و موتور را به کار می‌اندازد که بدین دلیل آنها را موتورهای احتراق خارجی می‌نامند.

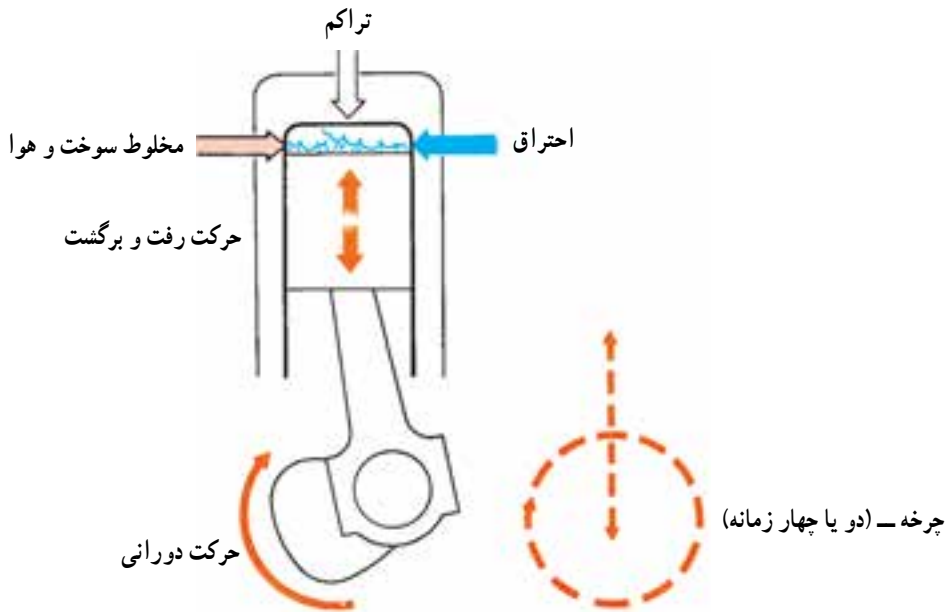
۲- موتورهای احتراق داخلی (موتورهای درون سوز): موتوری را که سوخت در داخل آن بسوزد و کار مکانیکی بوجود آید موتور احتراق داخلی گویند.

هم‌اکنون چهار نوع موتور احتراق داخلی متداول هستند که عبارتند از:

- موتور جت
- موتور توربینی گازی
- موتور پیستونی دوار
- موتور پیستونی رفت و برگشتی

- عواملی که در کار یک موتور ساده مؤثر هستند عبارتند از :

- هوا، سوخت و احتراق
- نسبت هوا، سوخت و تراکم آن
- رفت و برگشت و دوران
- چرخه (سیکل) موتور (دو یا چهار زمانه)



شکل ۱-۲

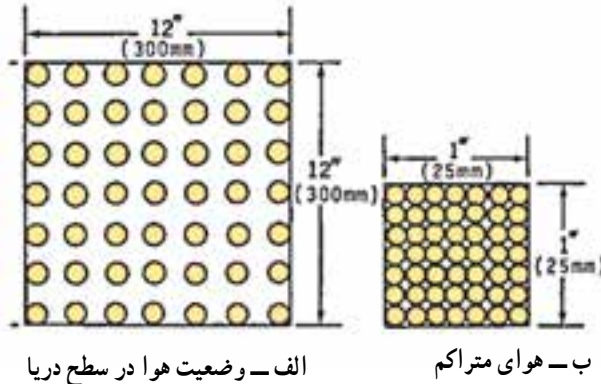
- هوا، سوخت و احتراق: سه جزء اصلی برای تولید انرژی حرارتی در داخل موتور عبارتند

از :

- هوا
- سوخت
- احتراق

— هوا: هوا برای تأمین اکسیژن مورد نیاز برای سوختن سوخت لازم می‌باشد. همچنین هوا دو خاصیت مهم دیگر دارد که در کارکرد موتور مؤثر است این خواص عبارتند از:

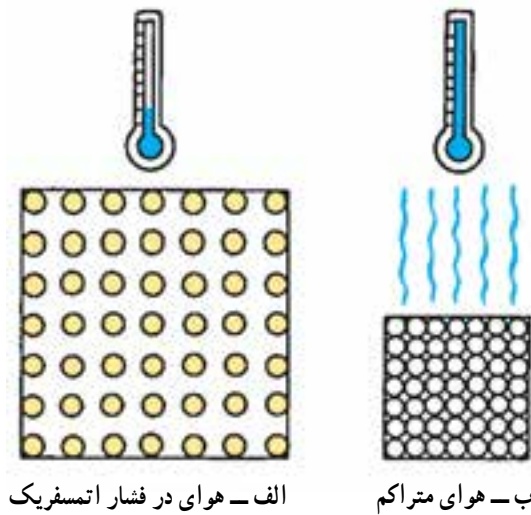
۱- تراکم پذیری هوا: یک حجم ۲۸ لیتری هوا می‌تواند در یک حجم ۱۶ سانتی متر مکعبی یا کمتر متراکم شود.



الف - وضعیت هوا در سطح دریا

ب - هوای متراکم

شکل ۲-۲



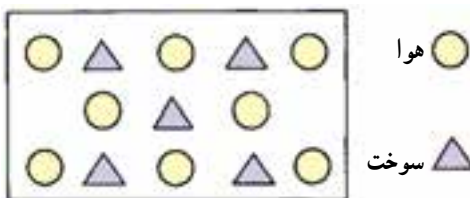
الف - هوای در فشار اتمسفریک

ب - هوای متراکم

۲- گرم شدن هوا بر اثر تراکم: برخورد شدید مولکول‌های هوا در حین تراکم تولید گرما می‌کند.

— سوخت: سوخت موتور باید به راحتی با هوا مخلوط شده و سریعاً مشتعل گردد. امروزه سه نوع سوخت بنزین، گاز و گازوئیل در موتورها مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای اشتعال سریع و کامل، باید سوخت به ذرات ریز تبدیل شود. این کار باعث تماس کافی هر ذره سوخت با هوا و سوختن کامل آن می‌شود.

شکل ۲-۳- دمای هوا قبل و پس از متراکم شدن



شکل ۲-۴

– احتراق: احتراق سوختن و انفجار مخلوط هوا و سوخت می باشد که در آن اکسیژن موجود در هوا و سوخت ترکیب شده و انرژی حرارتی تولید می شود.

چه عاملی باعث می شود که سوخت با سرعت بسوزد و حداکثر قدرت را بر اثر انفجار در موتور ایجاد کند؟ اگر یک ظرف بنزین را در هوای آرام بیرون آتش بزینیم به آهستگی می سوزد، زیرا هوا فقط بر روی سطح سوخت موجود می باشد. برای اشتعال سریع سوخت می توانیم دو کار انجام دهیم:

۱- گرم کردن سوخت

۲- پودر یا بخار کردن سوخت

از آن جایی که احتراق در یک فضای بسته انجام می شود، برای کنترل قدرت احتراق باید مقدار سوخت و نحوه بخار شدن آن تنظیم شود.



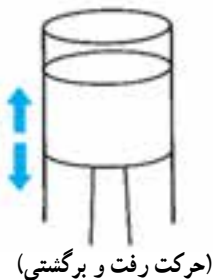
شکل ۲-۵

حرکت رفت و برگشت و حرکت دورانی: در موتور از دو نوع حرکت برای انتقال انرژی استفاده می شود:

– حرکت رفت و برگشتی (حرکت بالا و پایین یا جلو و عقب شدن)

– حرکت دورانی

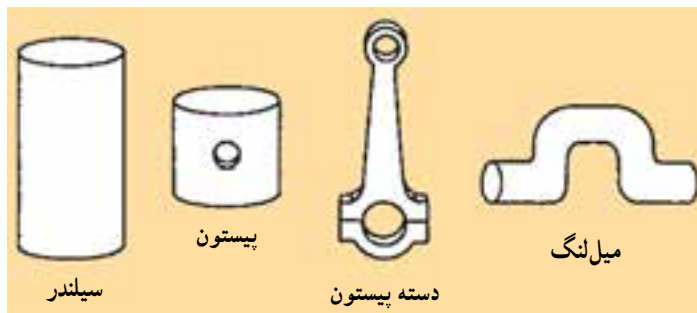
تولید حرکت رفت و برگشتی و تبدیل آن به حرکت دورانی توسط چهار قطعه اصلی در موتور ایجاد می شوند که عبارتند از: سیلندر، پیستون، دسته پیستون، میل لنگ



شکل ۲-۶

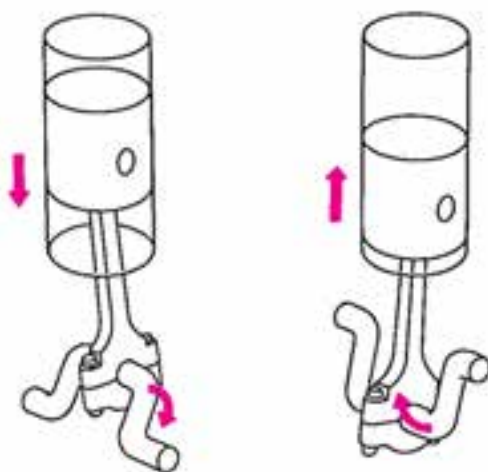
پیستون با فاصله کمی نسبت به دیوار سیلندر در داخل آن قرار گرفته است و به آسانی در سیلندر حرکت می‌کند. بالای سیلندر به وسیله سرسیلندر بسته است ولی فضای کمی روی پیستون برای اتاق احتراق وجود دارد.

احتراق سوخت در اتاق احتراق باعث حرکت پیستون از بالای سیلندر به پایین (حرکت رفت و برگشتی) می‌شود. دسته پیستون که در انتهای پیستون قرار گرفته است، حرکت پیستون را به میل لنگ منتقل می‌کند.

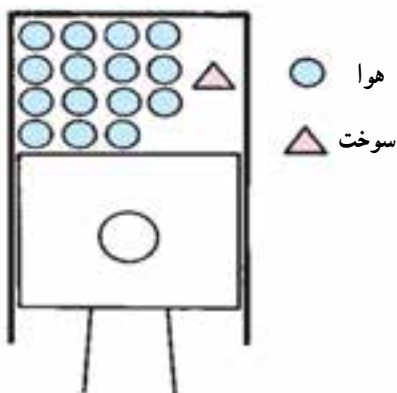


شکل ۷-۲

اساساً حرکت میل لنگ مانند وقتی است که شما روی دوچرخه نشسته و پدال می‌زنید پای شما مشابه دسته پیستون عمل می‌کند و محور چرخ زنجیر نیز همانند میل لنگ می‌باشد. در نتیجه این کار حرکت رفت و برگشتی پا (پیستون) به حرکت دورانی چرخ زنجیر دوچرخه (میل لنگ در موتور) تبدیل می‌شود.



شکل ۸-۲ - تبدیل حرکت رفت و برگشتی پیستون به حرکت دورانی میل لنگ



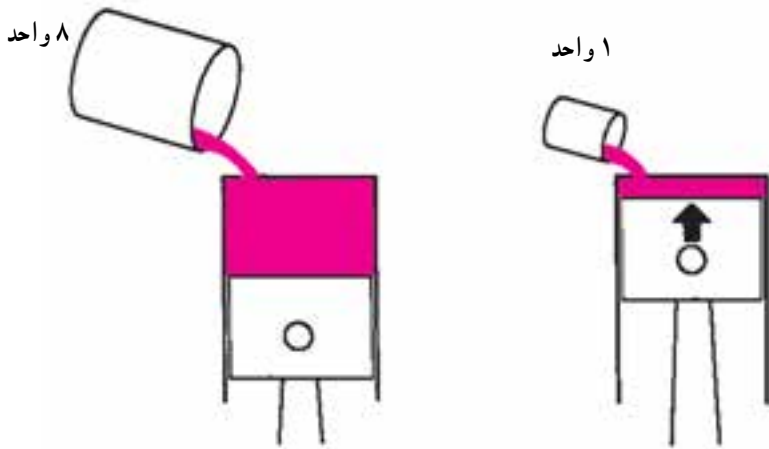
شکل ۲-۹

نسبت هوا و سوخت: موتورهای بنزینی با مخلوط ۱۵ قسمت هوا و یک قسمت بنزین با بهترین عمل کرد کار می کنند (شکل ۲-۹). (مخلوط ۴ لیتر بنزین و ۳۴۰۰۰ لیتر هوا). برای تجسم این نسبت به شکل ۲-۱۰ توجه کنید.



شکل ۲-۱۰

نسبت تراکم: نسبت تراکم به ما بیان می کند که حجم مخلوط هوا و سوخت در هنگام تراکم به چه میزان تغییر کرده است. در شکل ۲-۱۱ نسبت تراکم نشان داده شده است. به عنوان نمونه در یک موتور وقتی پیستون در پایین ترین مسیر حرکت خود قرار دارد اجازه می دهد که به اندازه ۳/۷۵ لیتر مخلوط هوا و سوخت در بالای آن جای گیرد.



شکل ۱۱-۲

حالا اگر ما پیستون را به بالاترین مسیر خود حرکت دهیم، به اندازه ۵/۵ لیتر مخلوط هوا و سوخت در بالای آن جای می‌گیرد. در واقع این نسبت ۸ به ۱ می‌باشد (نسبت تراکم) به عبارت دیگر مخلوط سوخت و هوا در موتور با نسبت ۸ به ۱ به وسیله پیستون متراکم می‌شود.

**مراحل کار موتور:** در کار یک موتور اعمال زیر به ترتیب انجام می‌شود:

۱- پر شدن سیلندر با یک مخلوط قابل اشتعال (تنفس)

۲- متراکم شدن مخلوط درون یک فضای کم (تراکم)

۳- اشتعال مخلوط و واداشتن آن به انبساط و تولید قدرت (انبساط و قدرت)

۴- خارج شدن گازهای سوخته از سیلندر (تخلیه)

به عبارت ساده کار موتور با تکرار چهار مرحله تنفس، تراکم، قدرت و تخلیه انجام

می‌شود.

انجام چهار مرحله فوق با ترتیب معین در موتور یک چرخه<sup>۱</sup> (سیکل) نامیده می‌شود. موتورها

از نظر چرخه دارای انواع زیر هستند:

- دو زمانه

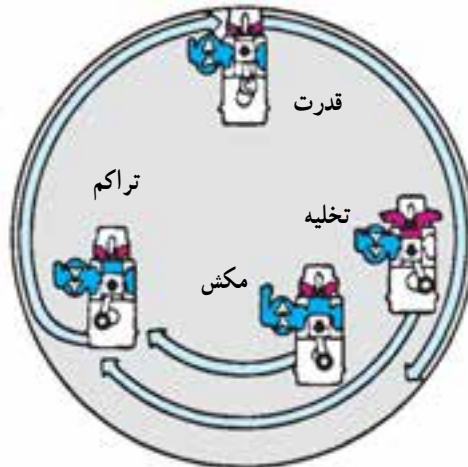
- چهار زمانه

هر چرخه موتورهایی دو زمانه با دو ضربه پیستون در یک دور میل‌لنگ کامل می‌شود. با شروع

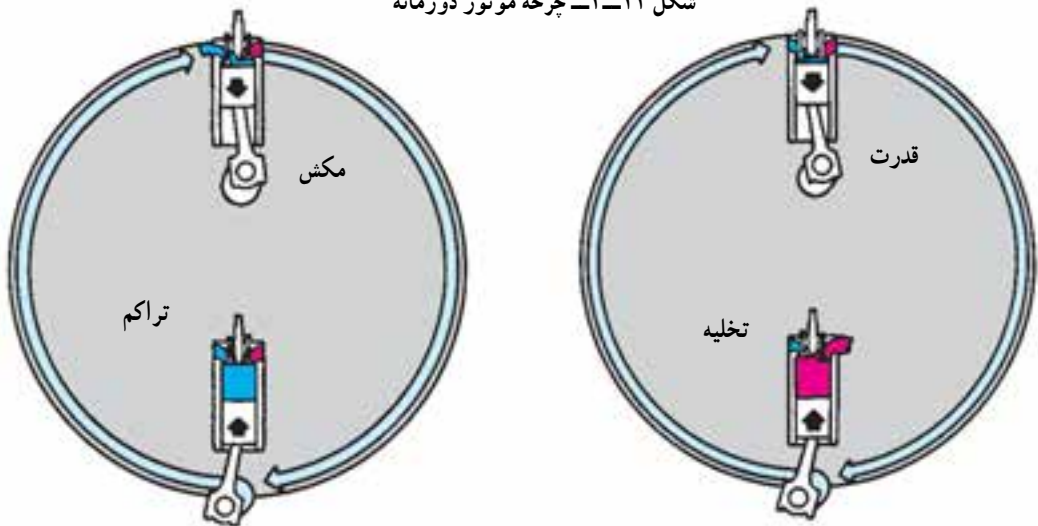
دوباره چرخه بعدی همان دو ضربه تکرار می‌شود.

۱- از طرف فرهنگستان علوم معادلهای فارسی در مورد لغات خارجی پیشنهاد شده است در صورتی که این معادل قبلاً بکار رفته و مصطلح باشد. در این کتاب واژه خارجی در داخل پرانتز بکار خواهد رفت مانند چرخ لنگر (فلاویول) و در صورتی که واژه فارسی جدید باشد یکبار در داخل پرانتز معرفی خواهد شد. مانند کاربراتور (سوخت آما)

در موتورهای چهار زمانه برای هر چرخه چهارضربه پیستون دوتا به سمت بالا و دوتا به سمت پایین وجود دارد که در طی آن میل لنگ دو دور می‌زند. امروزه بیشتر از موتورهای چهار زمانه استفاده می‌شود.



شکل ۱۲-۲- چرخه موتور دوزمانه



شکل ۱۳-۲- چرخه موتور چهار زمانه



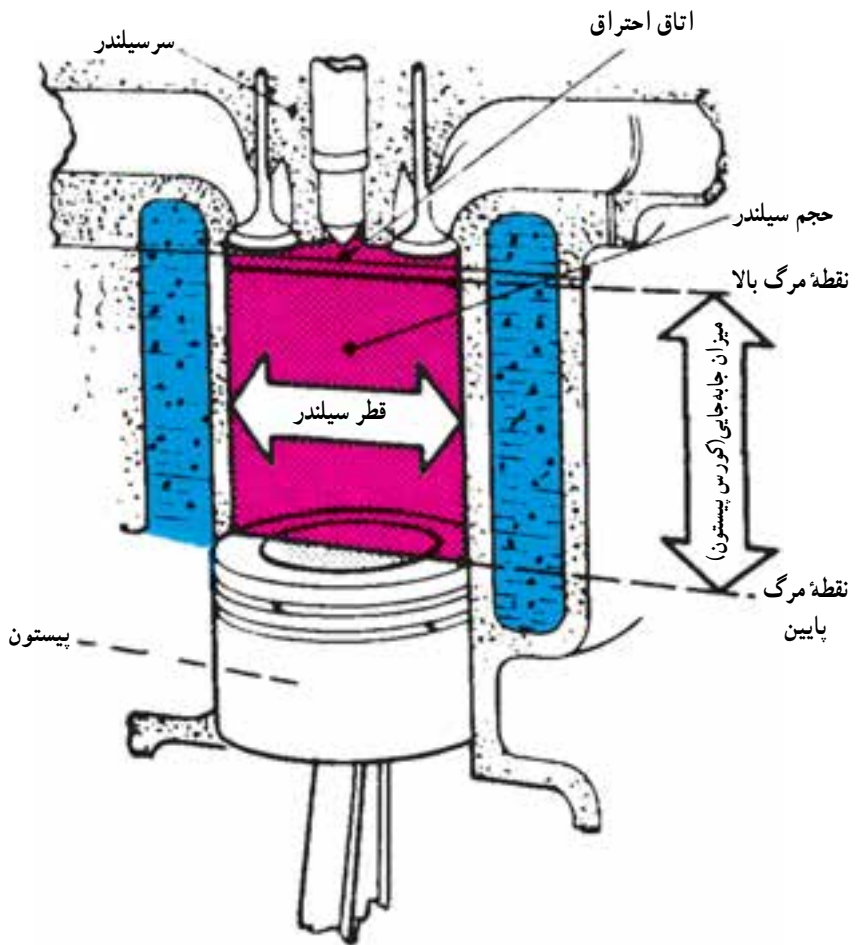
## ۲-۲- اصطلاحات و مشخصات فنی موتور

اصطلاحات و مشخصات فنی موتور با توجه به شکل ۲-۱۴ عبارت است از:

**قطر سیلندر:** یکی از مشخصه‌های موتور، قطر سیلندر آن است که در انواع موتور متفاوت می‌باشد و در قدرت موتور نقش مؤثری دارد.

**نقطه مرگ بالا (TDC):** در مسیر حرکت پیستون بالاترین نقطه‌ای است که در آنجا سرعت پیستون به صفر رسیده، تغییر جهت حرکت می‌دهد.

**نقطه مرگ پایین (BDC):** در مسیر حرکت پیستون پایین‌ترین نقطه‌ای است که در آنجا سرعت پیستون به صفر رسیده، تغییر جهت حرکت می‌دهد.



شکل ۲-۱۴

جابجایی پیستون: فاصله بین نقطه مرگ بالا و نقطه مرگ پایین را که محدوده حرکت پیستون است، کورس پیستون می‌گویند.

حجم جابجایی: فضای داخلی سیلندر در محدوده حرکت پیستون (بین نقطه مرگ بالا و نقطه مرگ پایین) را حجم جابجایی گویند.

حجم محفظه احتراق: فضایی که بین پیستون و سرسیلندر وقتی که پیستون در نقطه مرگ بالا قرار دارد حجم محفظه احتراق گفته می‌شود.

حجم کل سیلندر: شامل فضای داخل سیلندر است، وقتی که پیستون به پایین‌ترین نقطه مسیر خود (نقطه مرگ پایین) می‌رسد.

نسبت تراکم (ضریب تراکم): عبارت است از نسبت حجم کل سیلندر به حجم محفظه احتراق.

$$\text{ضریب تراکم} = \frac{\text{حجم کل سیلندر}}{\text{حجم اتاق احتراق}} = \frac{\text{حجم محفظه احتراق} + \text{حجم جابجایی}}{\text{حجم محفظه احتراق}}$$

نسبت تراکم بیان‌کننده چند مرتبه کوچک شدن حجم گاز داخل سیلندر در زمان تراکم است که در موتورهای بنزینی امروزی از ۷:۱ تا ۱۱:۱ و گاهی هم بیشتر و در موتورهای دیزلی بین ۱۶:۱ تا ۲۲:۱ می‌باشد. معمولاً با افزایش نسبت تراکم قدرت مفید موتور افزایش می‌یابد.

### ۳-۲- تقسیم‌بندی موتورهای احتراق داخلی

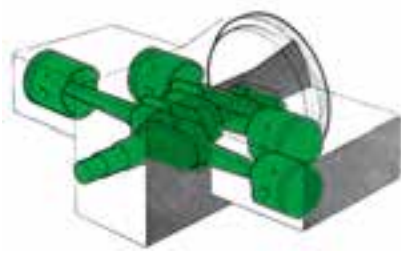
موتورهای احتراق داخلی از جهات مختلف قابل دسته‌بندی هستند، ذیلاً به چند نمونه اشاره می‌شود:

— از نظر تعداد سیلندر: موتورهای یک‌سیلندر، موتورهای چند سیلندر  
— از نظر سوخت: موتورهای احتراق داخلی از نظر نوع سوخت مصرفی، به سه دسته تقسیم می‌گردند: موتورهای بنزینی، موتورهای دیزل و موتورهای گازسوز که در همین فصل به آنها اشاره خواهد شد.

— از نظر چرخه کار موتور: موتورهای دو زمانه، موتورهای چهار زمانه  
— از نظر حرکت پیستون: موتورهای رفت و برگشتی، موتورهای دوار  
— موتورهای چند سیلندر از نظر قرار گرفتن سیلندرها نسبت به میل‌لنگ به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

موتور خطی (ردیفی): هرگاه سیلندرها در یک موتور پشت سرهم و در امتداد طولی میل‌لنگ

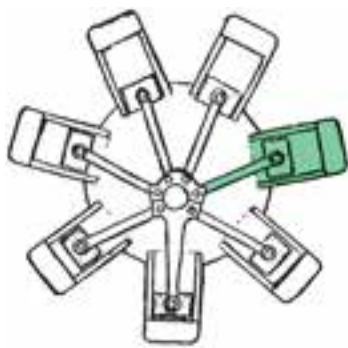
در یک ردیف قرار گرفته باشند چنین موتوری را خطی گویند (شکل الف ۱۵-۲).  
 موتور تخت (خوابیده): اگر سیلندرها یک موتور در دو ردیف در امتداد طول میل لنگ  
 سمت چپ و راست آن قرار گیرند موتور را تخت (خوابیده) یا متقابل نامند (شکل ب ۱۵-۲).  
 موتور V شکل (خورجینی): در این نوع موتور سیلندرها در دو طرف میل لنگ در دو ردیف  
 قرار گرفته، نسبت به هم دارای زاویه  $60^\circ$  یا  $90^\circ$  هستند (شکل ج ۱۵-۲).  
 موتور شعاعی (رادپال): در این نوع موتور سیلندرها در امتداد شعاع دور میل لنگ قرار  
 گرفته اند (شکل د ۱۵-۲).



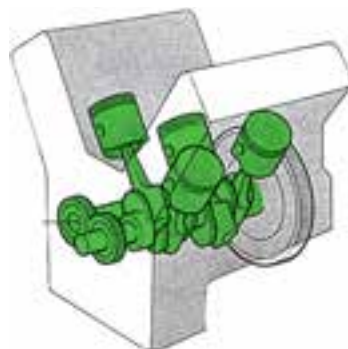
ب - موتور تخت



الف - موتور خطی



ج - موتور شعاعی



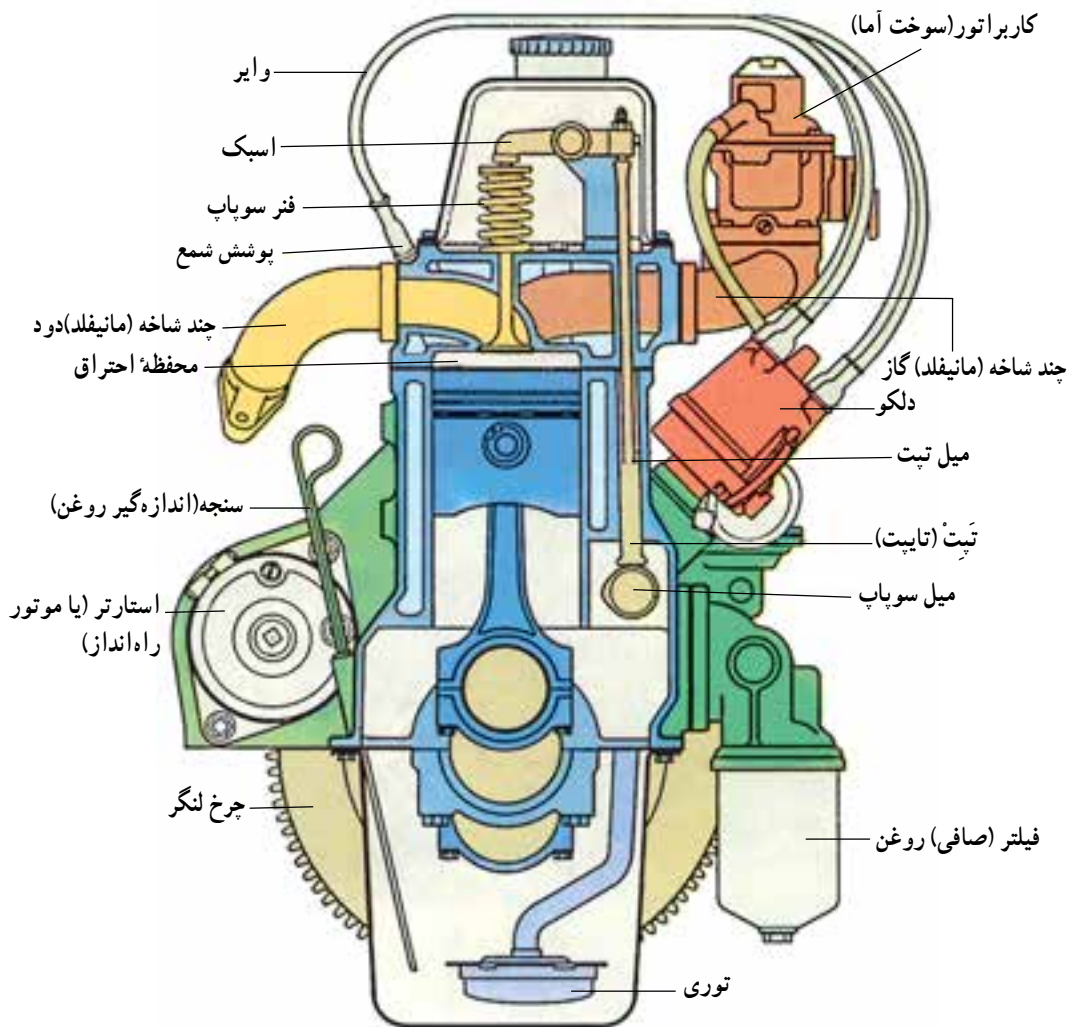
د - موتور V شکل

شکل ۱۵-۲- ترتیب قرار گرفتن سیلندرها نسبت به میل لنگ در موتورهای چند سیلندر

## ۲-۴- موتورهای بنزینی

در موتورهای بنزینی، هوا و بنزین به وسیله کاربراتور مخلوط و به صورت گاز وارد سیلندر می شود، و به کمک پیستون در سیلندر متراکم گشته، سپس با جرقه الکتریکی ایجاد شده به وسیله شمع منفجر می گردد. فشار حاصل از انفجار گاز، پیستون را به عقب می راند و پیستون به وسیله دسته

پیستون که یک سر آن به پیستون و سر دیگرش به میل لنگ متصل است میل لنگ را می‌گرداند و بدین ترتیب انرژی حرارتی سوخت، تبدیل به کار مکانیکی می‌شود. شکل ۱۶-۲ ساختمان موتور بنزینی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶-۲- ساختمان ظاهری موتور

## ۵-۲- موتورهای دیزل

در موتورهای دیزل ابتدا هوای صاف توسط پیستون به داخل سیلندر کشیده می‌شود و پس از اینکه این هوا به وسیله پیستون متراکم شده، درجه حرارت آن بالا رفت، سوخت، به کمک پمپ انژکتور (تلمبه سوخت پاش) تحت فشار قرار گرفته و توسط انژکتور (سوخت پاش) به صورت ذرات بسیار ریز و

بودر مانند داخل سیلندر تزریق می‌گردد، سوخت در هوای متراکم شده گرم، مشتعل می‌شود و پیستون را به عقب می‌راند و مانند موتورهای بنزینی دسته پیستون میل‌لنگ را می‌گرداند (شکل ۱۷-۲).



شکل ۱۷-۲

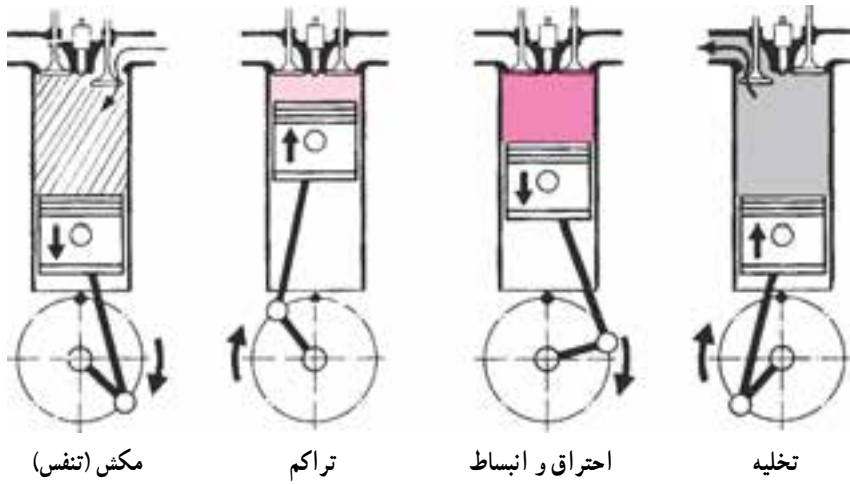
## فعالیت عملی

پس از بازدید از موتورهای مختلف موجود در هنرستان تفاوت‌های بین موتورهای بنزینی و موتورهای دیزلی را به صورت گزارشی تنظیم و تحویل مری خود نمایید.

## ۲-۶- موتورهای چهار زمانه

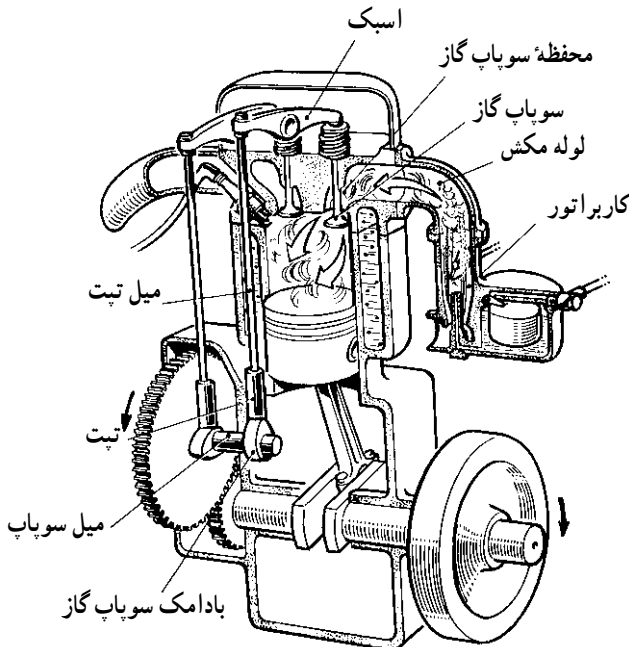
در موتورهای چهار زمانه اعمالی که برای احتراق سوخت و هوا و تبدیل آن به کار مکانیکی، لازم است در چهار ضربه پیستون (بالا رفتن و پایین آمدن پیستون) که معادل دو دور گردش میل‌لنگ است انجام می‌گیرد که یک چرخه احتراق نامیده می‌شود.

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- مکش</li> <li>- تراکم</li> <li>- احتراق و انبساط</li> <li>- تخلیه دود</li> </ul> | } | <p>مراحل کار موتور چهار زمانه<br/>(یک چرخه احتراق)</p> |
|--|---|--|

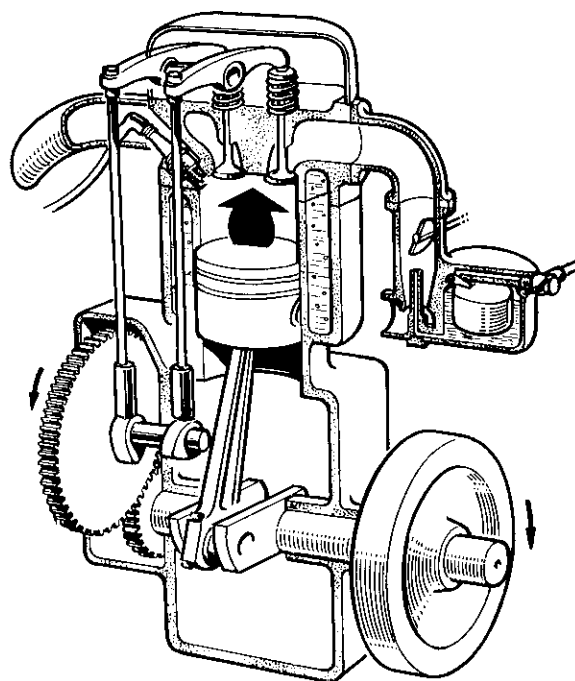


شکل ۱۸-۲- چهار زمان کار یک موتور (یک چرخه احتراق)

مرحله مکش: در این مرحله، پیستون از نقطه بالای سیلندر (نقطه مرگ بالا) به طرف پایین حرکت کرده و به دلیل خلأیی که ایجاد می شود مخلوطی از هوا و بنزین از راه کاربراتور یا در موتور دیزل فقط (هوا) از راه سوپاپ گاز که در حالت باز است، به داخل سیلندر مکیده می شود. در این حالت سوپاپ دود بسته است. پس از اینکه پیستون به نقطه مرگ پایین سیلندر می رسد کمی بعد از بالا رفتن پیستون سوپاپ گاز بسته می شود، در این حالت میل لنگ  $\frac{1}{4}$  دور چرخیده است. شکل ۱۹-۲ حالت مکش در موتورهای بنزینی را نشان می دهد.



شکل ۱۹-۲- مکش

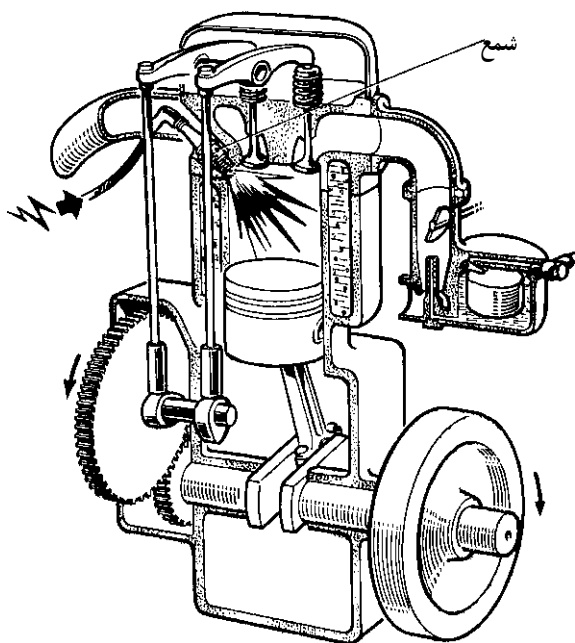


شکل ۲۰-۲- تراکم

مرحله تراکم: این مرحله پس از مرحله اول صورت می‌گیرد، یعنی با حرکت پیستون به طرف بالای سیلندر، مخلوط هوا و بنزین در موتورهای بنزینی و فقط هوا در موتورهای دیزل، با توجه به بسته بودن هر دو سوپاپ گاز و دود، در قسمت بالای سیلندر متراکم می‌شود. در پایان این مرحله با توجه به مرحله اول پیستون، میل لنگ یک دور چرخیده است. شکل ۲۰-۲ حالت تراکم را در موتورهای بنزینی نشان می‌دهد.

#### مرحله احتراق و انبساط: در این

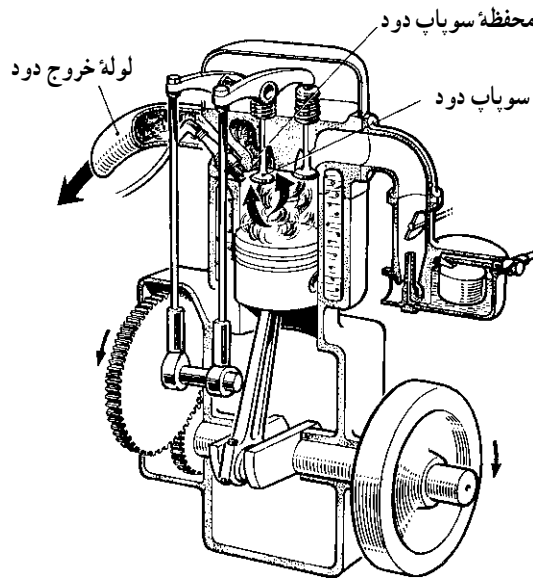
مرحله به سبب جرقه زدن شمع در مخلوط هوا و بنزین، در موتورهای بنزینی و یا پاشیده شدن سوخت به صورت پودر، به داخل هوای متراکم و گرم در موتورهای دیزلی احتراق صورت می‌گیرد، با عمل احتراق فشار گاز مشتعل زیاد شده، پیستون را به طرف پایین می‌راند. باز در این مرحله هر دو سوپاپ گاز و هوا بسته هستند. لازم به تذکر است که تنها در این حالت است که انرژی حرارتی سوخت تبدیل به انرژی مکانیکی می‌شود. در این حالت نیز پیستون  $\frac{1}{3}$  دور میل لنگ را چرخانیده است. شکل ۲۱-۲ حالت احتراق و انبساط در موتورهای بنزینی را نشان می‌دهد.



شکل ۲۱-۲- احتراق و انبساط



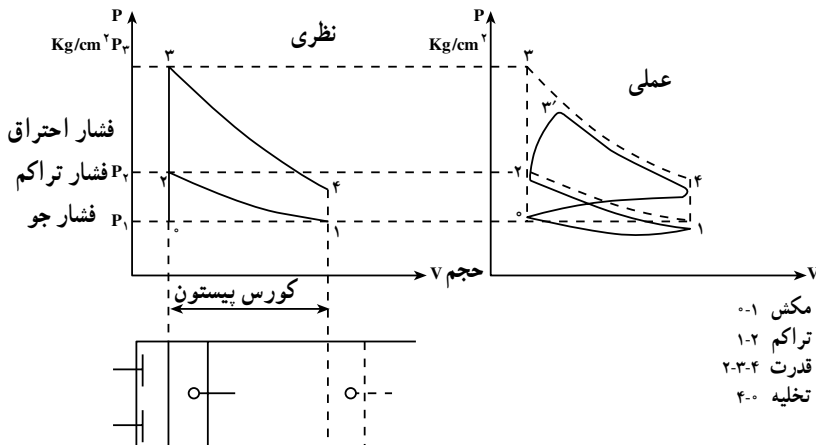
مرحله تخلیه دود: در این حالت، سوپاپ گاز بسته و سوپاپ دود باز است. پیستون به طرف بالای سیلندر حرکت کرده و دود حاصل از احتراق (انفجار) از راه سوپاپ دود به خارج رانده می شود، و در پایان این مرحله، سوپاپ دود بسته می شود. در طی مراحل مکش، تراکم، احتراق و انبساط، تخلیه میل لنگ دو دور کامل را چرخیده است یعنی میل لنگ در موتورهای چهار زمانه در هر چرخه دو دور می چرخد. شکل ۲۲-۲ حالت تخلیه در موتورهای بنزینی را نشان می دهد.



شکل ۲۲-۲ - تخلیه دود

### منحنی چرخه چهار زمانه اتو

با نصب دستگاه ثبت کننده فشار به سیلندر، می توان تغییرات فشار داخل سیلندر را در هر لحظه از چرخه موتور بدست آورد.



نمودار ۱-۲



در نمودار ۱-۲ تغییرات فشار داخل سیلندر با توجه به حجم محفظه بالای پیستون در چرخه موتور در دو وضعیت نظری (ایده آل) و حقیقی (عملی) نشان داده شده است.

منحنی ۱-۱ نشان می دهد که در زمان مکش، با حرکت پیستون به سمت نقطه مرگ پایین حجم محفظه بالای پیستون به تدریج افزایش یافته و با این افزایش به طور نظری فشار سیلندر در حد فشار جو باقی می ماند ولی در عمل فشار بالای محفظه پیستون کاهش یافته و کمتر از فشار جو می باشد.

منحنی ۱-۲ نشان می دهد که با شروع حرکت پیستون از نقطه مرگ پایین به سمت بالا و شروع مرحله تراکم حجم محفظه بالای پیستون کاهش یافته و متناسب با آن، فشار افزایش می یابد. در عمل فشار تراکم کمتر از حالت نظری می باشد.

مرحله قدرت با منحنی های ۲-۳ و ۳-۴ مشخص شده است. در منحنی ۲-۳ با تولید جرقه توسط شمع مخلوط سوخت و هوا به طور ناگهانی منفجر شده و باعث افزایش آبی فشار در محفظه بالای پیستون می گردد. در عمل به علت حرکت پیستون به عقب و عوامل دیگر فشار به اندازه محاسبه شده بالا نمی رود (نقطه ۳ منحنی حقیقی).

در ادامه مرحله قدرت پیستون به حرکت خود به سمت نقطه مرگ پایین ادامه داده و متناسب با آن فشار در محفظه بالای پیستون کاهش می یابد تا پیستون به نقطه مرگ پایین برسد. در عمل به علت نسوختن کامل گازها و باز شدن سوپاپ ها و عوامل دیگر فشار در طول منحنی ۳-۴ کمتر از حالت نظری می باشد نهایتاً در آغاز مرحله تخلیه که سوپاپ دود باز می شود. به طور نظری کاهش فشار به صورت ناگهانی می باشد که در منحنی ۱-۴ نشان داده شده است. پس از آن با بالا رفتن پیستون گازهای سوخته شده (با فشار جو) از سیلندر تخلیه می گردد. (مرحله ۱-۱) تا پیستون به نقطه مرگ بالا برسد. اما در عمل با باز شدن سوپاپ دود، فشار کمی افت کرده و با حرکت پیستون به سمت نقطه مرگ بالا دود تخلیه شده و فشار به تدریج کاهش می یابد تا به فشار شروع مرحله مکش برسد. حال با توجه به منحنی احتراق می توانید بگویید:

— چرا در بعضی از موتورها به جای دو سوپاپ برای هر سیلندر از چهار سوپاپ استفاده می شود؟

— چرا در بعضی از موتورها از توربو شارژر استفاده می شود؟

در جدول ۱-۲ مشخصات چهار زمان یک موتور با توجه به منحنی احتراق موتور نشان داده شده است که در آن مقادیر به صورت کلی داده شده است. اندازه حقیقی این مقادیر برای هر موتور از طرف کارخانه سازنده آن در کتابچه تعمیراتی ارائه می شود.

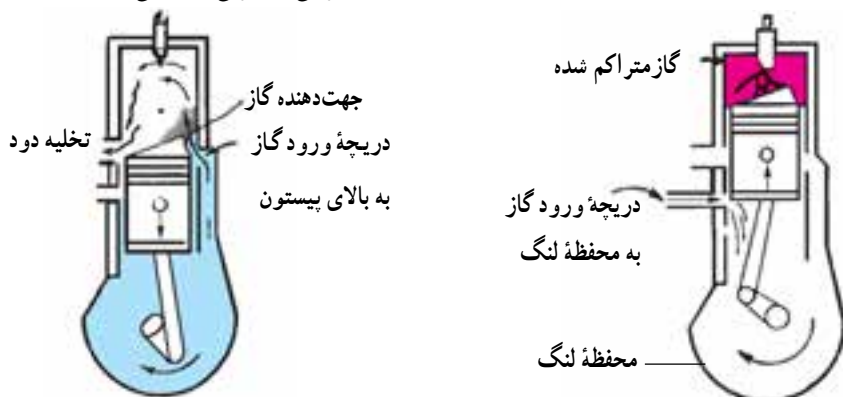
جدول ۲-۱

مرحله	منحنی هر مرحله	وضع سوپاپ‌ها	فشار داخل سیلندر	حجم محفوظه بالای پیستون	درجه حرارت سیلندر	طول مدت انجام هر مرحله برحسب زاویه گردش میل لنگ
مکش ۱-°		گاز باز	برابر فشار جو	زیاد می‌شود	کم می‌شود	۱۸°
		دود بسته				
۱-۲		گاز باز	کمتر از فشار جو	زیاد می‌شود	کم می‌شود	۱۸°
		دود فقط ۱° باز است.				۱۸° + ۱° + ۴۵° = ۲۳۵°
تراکم		گاز بسته	۸ تا ۱۶ اتمسفر	کم می‌شود	زیاد می‌شود	۱۸°
		دود بسته				
۲-۳		گاز فقط ۴۵° باز	کمتر از مقدار نظری	کم می‌شود	زیاد می‌شود	۱۸°
		دود بسته				۱۸° - ۴۵° = ۱۳۵°
قدرت ۳-۴		گاز بسته	۳۵ اتمسفر	زیاد می‌شود	کم می‌شود	۱۸°
		دود بسته				
تخلیه ۴-°		گاز بسته	کمتر از مقدار نظری	زیاد می‌شود	کم می‌شود	۱۸°
		دود ۴۵° باز				۱۸° - ۴۵° = ۱۳۵°
۴-°		گاز باز	برابر فشار جو	کم می‌شود	کم می‌شود	۱۸°
		دود باز				۱۸° + ۴۵° + ۱° = ۲۳۵°

۲-۷- موتورهای دو زمانه

یک چرخه کامل در این موتورها در یک دور گردش میل لنگ صورت می‌پذیرد، که معادل دو ضربه پیستون است. سوپاپهای ورودی و خروجی در این موتورها مانند موتورهای چهار زمانه نیست، بلکه به صورت دریچه‌هایی در بدنه سیلندر قرار گرفته‌اند که بسته به موقعیت پیستون در داخل سیلندر باز و بسته می‌شوند. یعنی هنگام بالا رفتن پیستون در محفظه لنگ خلأ ایجاد می‌شود، بالا رفتن

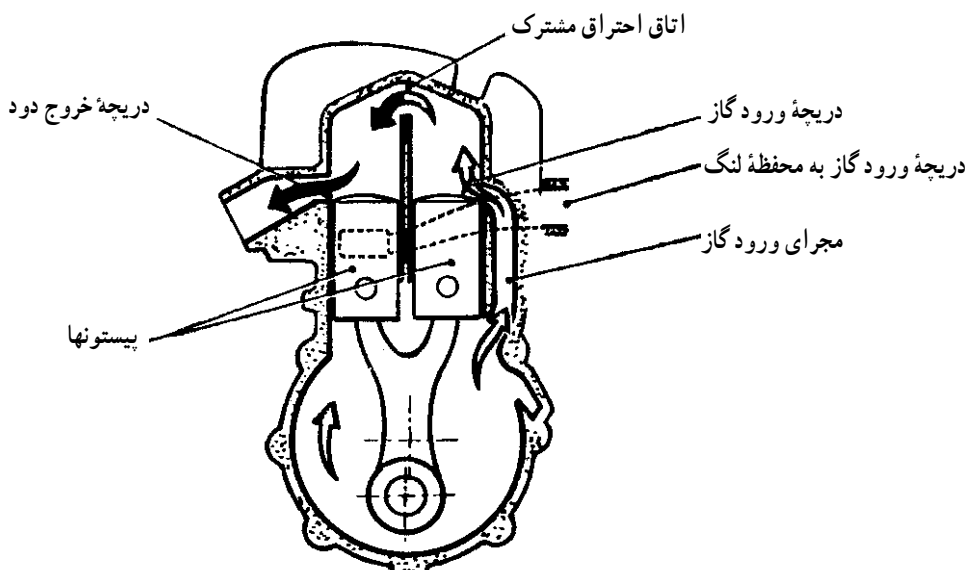
پیستون تا اندازه معین موجب باز شدن دریچه ورود گاز می‌گردد. مخلوط هوا و بنزین در موتورهای بنزینی و هوا در موتورهای دیزلی از این دریچه به محفظه وارد می‌گردد. در بالای پیستون هوا یا مخلوط هوا و بنزینی که در مرحله قبل وارد سیلندر شده است متراکم شده و سپس محترق می‌شود. در اثر نیروی حاصل از احتراق، پیستون به سمت پایین رانده می‌شود، گاز یا هوای زیر پیستون فشرده می‌شود، در اثر ایجاد اختلاف فشار به محض عبور پیستون از مقابل دریچه‌ها، گاز یا هوای فشرده محفظه لنگ از یک دریچه به محفظه بالای پیستون وارد و از دریچه دیگری دود حاصل از انفجار را خارج می‌کند. در شکل‌های ۲-۲۳، ۲-۲۴، ۲-۲۵ و ۲-۲۶ موتور دو زمانه بنزینی و دیزلی دیده می‌شود.



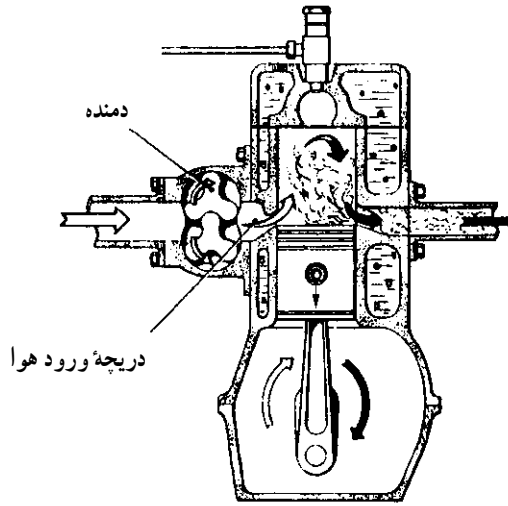
ب- احتراق و تخلیه دود (عمل انتقال گاز از محفظه لنگ به بالای پیستون در این مرحله انجام می‌شود)

الف- مکش و تراکم

شکل ۲-۲۳- موتور دو زمانه بنزینی

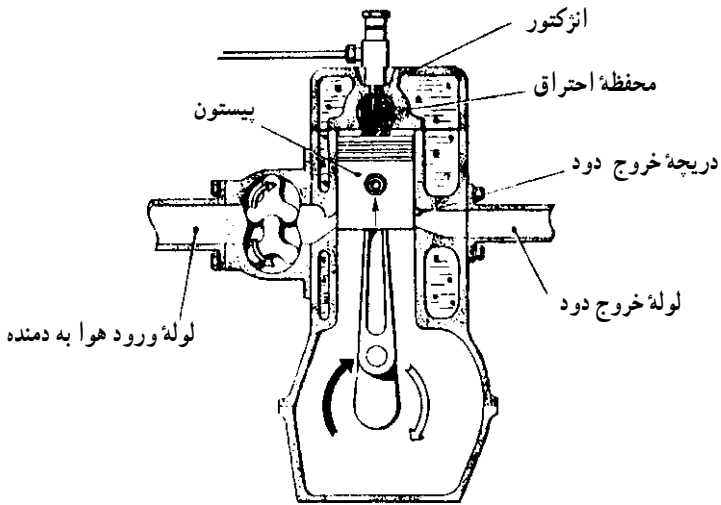


شکل ۲-۲۴



الف - مکش - تخلیه

خروج گاز سوخته شده به وسیله ورود هوای تازه که توسط تلمبه هوا دمیده شده است.

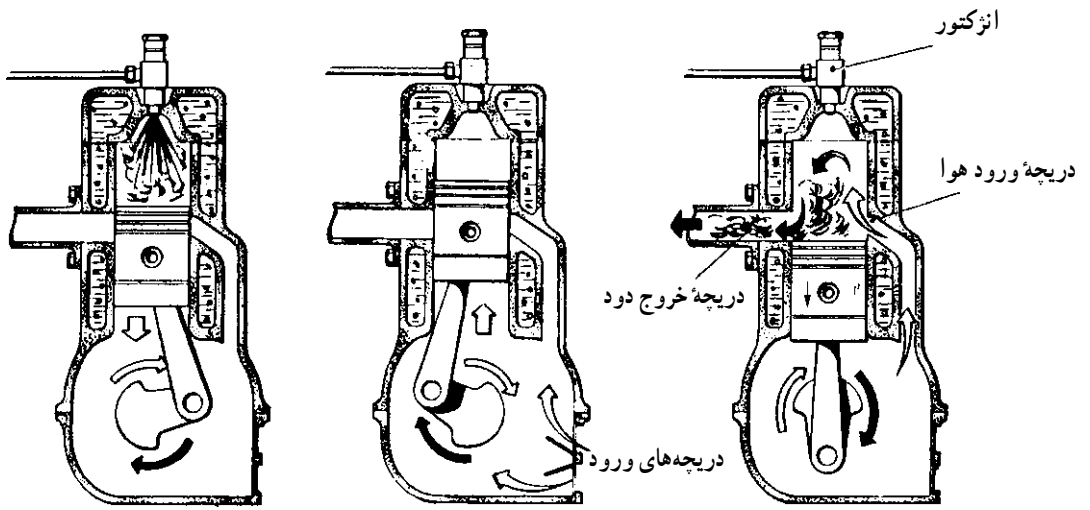


ب - تراکم - احتراق و انبساط

تزریق سوخت در نقطه مرگ بالا

شکل ۲۵-۲- موتور دو زمانه دیزلی با دمنده

در موتورهای دو زمانه چند سیلندر محفظه لنگ (کارتر) به تعداد سیلندرها تقسیم و نسبت به هم آب بندی شده اند.



الف - مکش - تخلیه      ب - تراکم هوا در سیلندر و ورود هوا به محفظه لنگ      ج - احتراق و انبساط

شکل ۲۶-۲ - مراحل کار یک موتور دو زمانه دیزلی

مقایسه موتورهای دوزمانه و چهارزمانه: اصولاً موتورهای دوزمانه با هدف از بین بردن برخی از معایب موتورهای چهارزمانه ابداع و اختراع گردیده است. مهمترین معایب موتورهای چهارزمانه عبارتند از:

۱- نامنظم بودن گشتاور اعمال شده به پیستون موتور

۲- قدرت وزنی کم

مزایای موتور دوزمانه: در هر دور میل لنگ یک کار مفید در موتور دوزمانه تولید می شود که به لحاظ تئوری دو برابر بازدهی موتور چهار زمانه می باشد.

به دلیل کمی فاصله کار مفید در موتور گشتاور تولیدی زیاد و کار موتور منظم تر و هماهنگ است.

در موتورهای کوچک دوزمانه معمولاً از دستگاه سوپاپ استفاده نمی شود. این امر اولاً موجب کاهش هزینه ساخت می شود، در ثانی باعث کاهش نیروهای تلف شده برای از بین بردن اصطکاک قطعات گردنده می گردد.

به علت سبکی وزن موتور توان وزنی آن ۵۰٪ الی ۸۵٪ بیشتر از موتورهای چهارزمانه می باشد. معایب موتورهای دوزمانه: در کورس اول، عمل پیش تراکم مقداری از انرژی مفید موتور را تلف می کند.

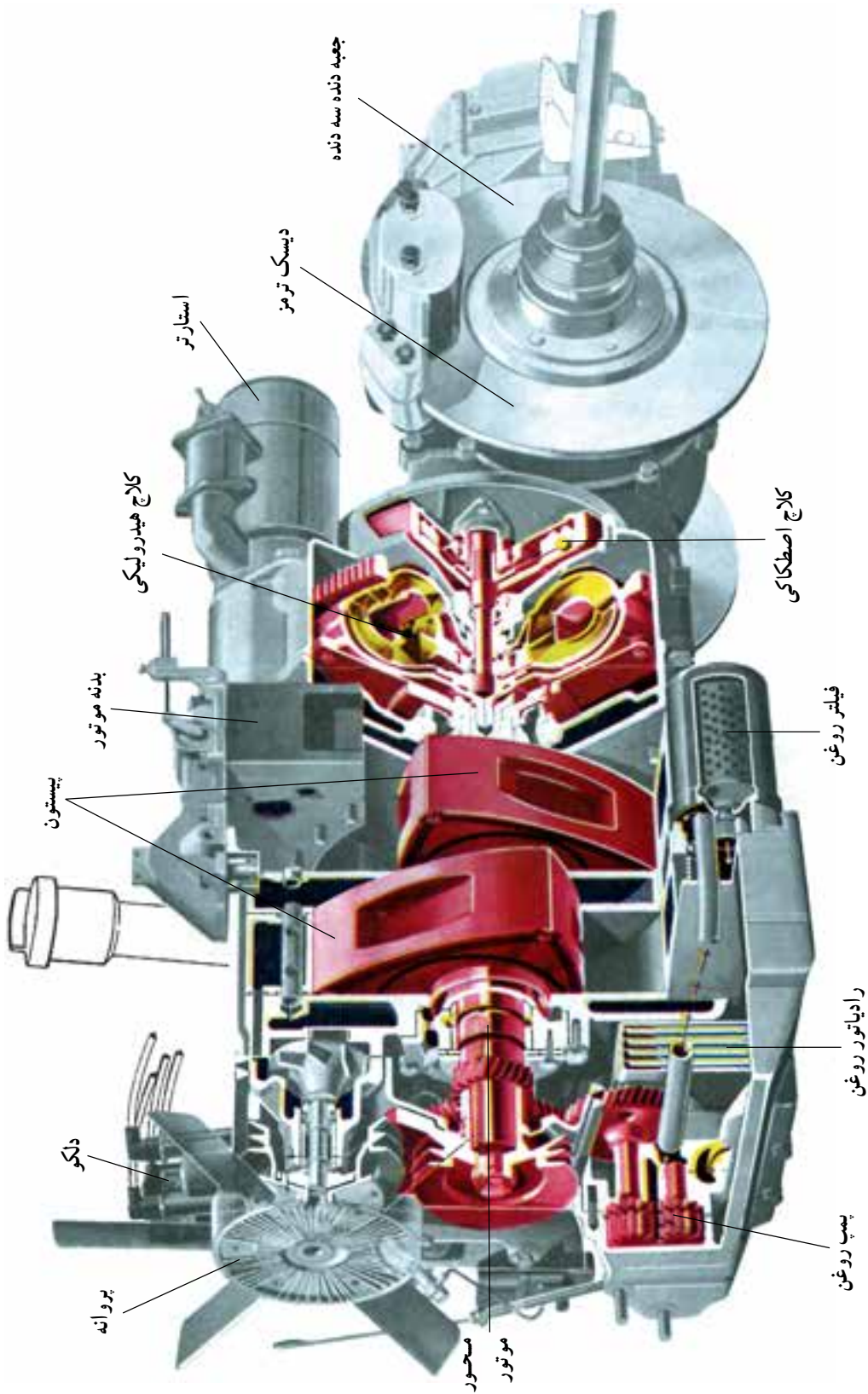
عدم تخلیه کامل دود از موتور و کاهش راندمان حجمی به علت فرصت کم تخلیه. در موتور دوزمانه بنزینی مقداری گاز در خلال عمل شستشو از سیلندر خارج می شود. این مقدار حدود ۲۵٪ سوخت مصرفی موتور است.

در موتورهای دوزمانه بنزینی کوچک که امکان نصب توربو شارژ در آنها نیست امکان ذخیره کردن روغن در کارتر نیز وجود ندارد. بنابراین روغن همراه با بنزین به باک ریخته می شود. به علت بی درپی بودن زمان قدرت فرصت کافی برای خنک کاری وجود ندارد و قطعات موتور در نوع هوا خنک در معرض سوختن و فرسودگی قرار دارند و بدین ترتیب عمر مفید و زمان کار موتور کاهش پیدا می کند.

موتورهای سبک بنزینی چهارزمانه: به علت معایب زیادی که در موتورهای دوزمانه بنزینی وجود دارد در دستگاه های امروزی از سیستم دوزمانه کمتر استفاده می شود و اغلب از موتورهای چهارزمانه استفاده می شود. طرز کار موتورهای سبک بنزینی چهارزمانه مانند موتورهای چهارزمانه سنگین می باشد.

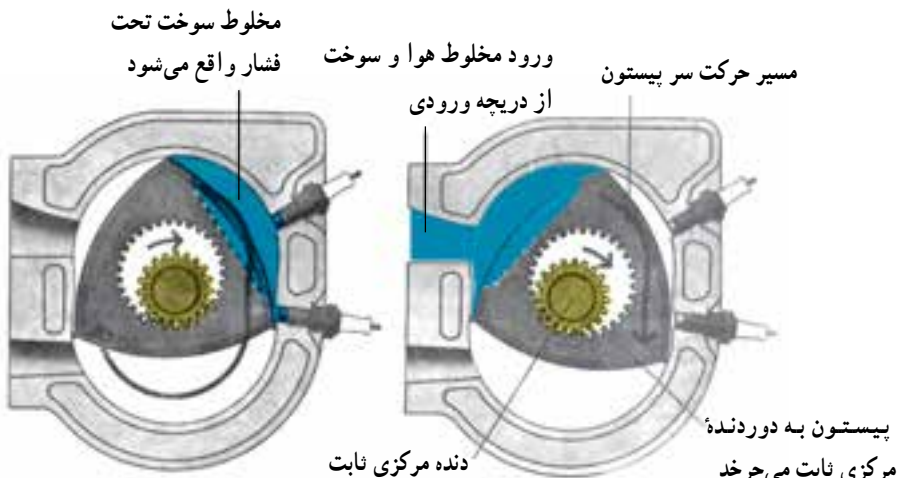
## ۸-۲- موتور وانکل یا پیستون دوار

این موتور به نام مخترع آن فلیکس وانکل (Felix-Wankel) آلمانی نامگذاری شده است. ساختمان و طرز کار این نوع موتور بسیار ساده است. به جای پیستون استوانه ای، از پیستونی با مقطع مثلثی استفاده شده که می تواند روی محور موتور (میل لنگ) به طور خارج از مرکز تکیه کرده، با درگیر شدن با یک چرخ دنده ثابت داخلی حول آن دوران کند. تعداد دندانه های چرخ دنده ثابت  $\frac{1}{3}$  تعداد دنده های چرخ دنده داخلی پیستون است (شکل ۲۸-۲). بدین جهت وقتی پیستون یک دور چرخید محور موتور سه دور خواهد چرخید. این پیستون در داخل محفظه ای به شکل بیضی، که از دو طرف قطر کوچک کمی فرورفته است گردش می کند. این محفظه، با پیستون و دو درپوش جانبی به سه محفظه جدا و کاملاً نسبت به هم آب بندی شده تقسیم شده است. به منظور آب بندی کامل از تعدادی رینگ که در گوشه های پیستون و بین پیستون و درپوشهای جانبی قرار گرفته، استفاده شده است. مجاری ورود و خروج گاز و دود و نیز مجاری آب خنک کاری در پوسته محفظه تعبیه شده اند (شکل ۲۷-۲).



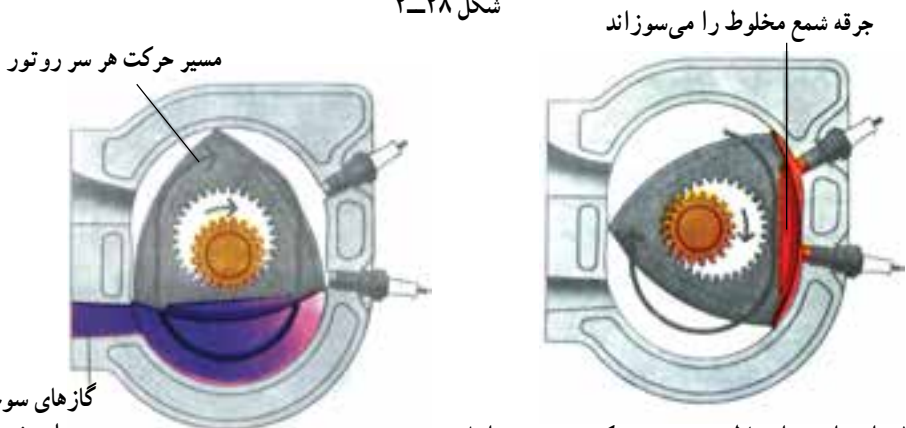
شکل ۲۷-۲- موتور وانکل دو سیلندر

چهار زمان موتور (مکش، تراکم، احتراق و تخلیه) به کمک پیستون انجام می‌گیرند به‌ازای هر دور گردش پیستون سه احتراق خواهیم داشت یا به عبارتی به‌ازای هر دور گردش محور موتور یک احتراق خواهیم داشت یعنی یک موتور تک‌سیلندر وانکل مانند یک موتور سه سیلندر دو زمانه است. این نوع موتورها به‌صورت تک‌سیلندر، دو سیلندر و یا سه سیلندر ساخته می‌شوند. شکل‌های ۲-۲۸ و ۲-۲۹ چهار زمان موتور را نشان می‌دهند.



۱- مکش - با عبور لبه پیستون از مقابل دریچه ورودی - ۲- مرحله تراکم - با ادامه چرخش پیستون حجم محفظه حجم محفظه افزایش یافته، سوخت و هوا آن را پر می‌کنند. کوچک شده، سوخت و هوا تحت فشار واقع می‌شود.

شکل ۲-۲۸



گازهای سوخته شده از مجرای خروجی سیلندر را ترک می‌کنند

۴- تخلیه - با عبور سر پیستون از مقابل دریچه تخلیه، دودها سیلندر را ترک می‌کنند.

۳- احتراق - انبساط - در موقعی که حجم به حداقل برسد شمع جرقه می‌زند و گاز را می‌سوزاند از این‌رو، ملکولها منبسط می‌گردند و فشار افزایش می‌یابد. پیستون با نیروی فشار گاز به سرعت به دور دنده ثابت می‌چرخد.

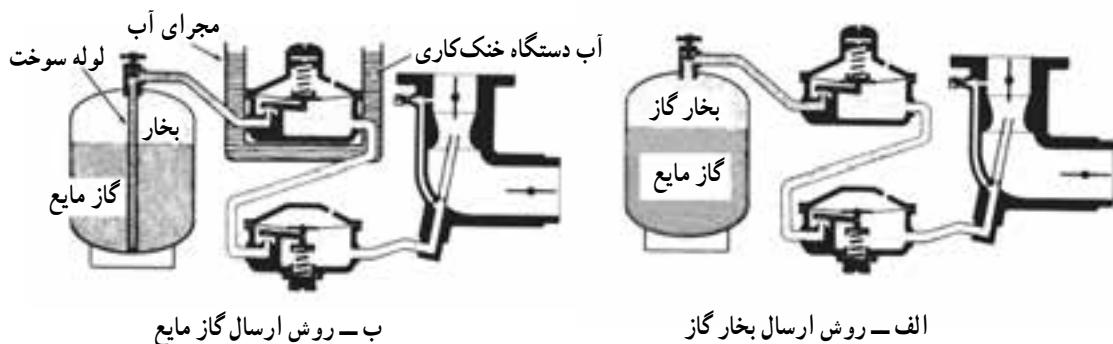
شکل ۲-۲۹ - مراحل کار موتور وانکل



## ۹-۲- موتورهای گازسوز

در این موتورها مخزن سوخت یک کپسول گاز مایع است. این کپسول دارای یک رگلاتور (هنجاور) فشارشکن می‌باشد که شامل دو قسمت است. گاز کپسول پس از عبور از یک فیلتر (صافی) در قسمت اول رگلاتور، فشار آن از  $\frac{4}{2}$  اتمسفر تا حدود  $\frac{1}{2}$  اتمسفر کاهش یافته، وارد قسمت دوم رگلاتور می‌گردد. در این قسمت فشار گاز تا فشار جو کم شده، به کاربراتور ارسال می‌گردد. در آنجا با هوای ورودی، اختلاط مناسبی برای احتراق انجام گرفته، از طریق مانیفولد گاز وارد سیلندر می‌شود.

موتورهای بنزینی را می‌توان به دستگاه گازسوز تبدیل کرد. در این نوع موتورها شیر تبدیل‌کننده‌ای به کار رفته که در موقع تمام شدن گاز می‌توان از سوخت بنزین استفاده نمود. در شکل‌های  $30-2$  و  $31-2$  دو نوع سیستم سوخت‌رسانی گازی دیده می‌شود.



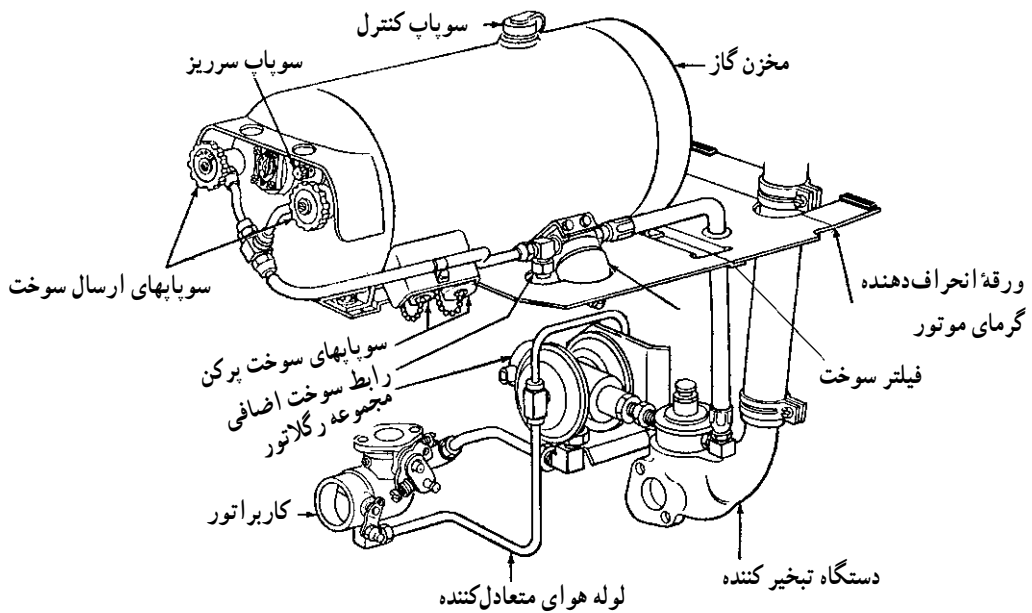
شکل  $30-2$  دو نوع سیستم سوخت‌رسانی گازی

گاز مایع (L.P.G)<sup>۱</sup>: این گاز شامل ترکیباتی از گاز پروپان، بوتان و به مقدار کم گازهای دیگر است و یکی از محصولات فرعی پالایشگاه‌هاست.

مهمترین مصرف این نوع گاز در مصارف شهری و جدیداً در موتورهای احتراق داخلی است. مزایای استفاده از گاز مایع در موتورهای احتراقی شامل: قیمت ارزان، عدد اکتان<sup>۲</sup> بالا، تولید نکردن دوده، عدم ایجاد چسبندگی در رینگها و سوپاپها، روشن شدن آسان موتور در هوای سرد، طولانی شدن عمر قطعات موتور، عدم آلودگی محیط به دلیل احتراق کامل است. امروزه در شهرهای بزرگ، گازسوز کردن وسایل نقلیه عمومی شدیداً مورد توجه قرار گرفته است.

۱- Liquefied Petroleum Gas

۲- عدد اکتان: این عدد کیفیت سوخت موتورهای بنزینی را نشان می‌دهد. هرچه عدد اکتان بالا باشد سوخت قابلیت کار در فشارهای بالا را خواهد داشت و در مقابل خودسوزی مقاومت می‌کند. عدد اکتان بین صفر و صد تغییر می‌کند.



شکل ۳۱-۲- سیستم سوخت رسانی گازی زیت

گاز طبیعی فشرده (CNG): گاز طبیعی که حاصل تجزیه مواد ارگانیک در لایه‌های زیرزمینی است در مخازن عظیم هیدروکربنی زیرزمین تشکیل و تجمع می‌یابد. ترکیب گاز طبیعی متشکل از ۸۰٪ متان، کمتر از ۱۲٪ اتان و ۸٪ گازهای دیگر است و می‌توان به عنوان سوخت در خودروها و یا جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی مورد استفاده قرار داد.

گاز طبیعی در ایستگاه‌های سوختگیری به میزان مناسب متراکم گردیده و در مخزن ذخیره سوخت، که در خودرو نصب گردیده ذخیره می‌شود. استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت در خودروها به صورت دوگانه‌سوز (CNG و بنزین) و دوسوخته (CNG و گازوئیل) و گاز سوز است.

گرایش به استفاده از گاز طبیعی به عنوان یک سوخت جایگزین به علت ویژگی پاک بودن این سوخت، فراهم بودن منابع داخلی آن و قابل دسترس بودنش برای مصرف‌کنندگان نهایی است. گاز طبیعی در ارتباط با عدم نیاز به خروج ارز، آلاینده‌گی کمتر، امنیت و اشتغال‌زایی مزایای بیشماری دارد.

## فعالیت عملی

از یک موتور گازسوز بازدید کنید و سیستم سوخت‌رسانی آن را بررسی نمایید، تفاوت‌هایی را که بین موتورهای بنزین‌سوز و گازسوز مشاهده می‌کنید در یک گزارش تنظیم و به مربی خود تحویل نمایید.

## خودآزمایی

- ۱- موتور احتراقی را تعریف کنید.
- ۲- موتورهای احتراق داخلی چند نوع‌اند؟
- ۳- نسبت تراکم را تعریف کنید.
- ۴- موتورهای با پیستون دوآر جزو موتورهای احتراق ..... می‌باشند.
- ۵- در موتورهای بنزینی هوا و بنزین به صورت ..... وارد سیلندر می‌شود.
- ۶- یک سردسته پیستون به پیستون و سر دیگر آن به ..... وصل می‌باشد.
- ۷- مرحله اول در موتورهای دیزل و موتورهای بنزینی ..... می‌باشد.
- ۸- مرحله سوم چرخه موتور در موتورهای بنزینی و دیزلی چه تفاوتی دارد؟
- ۹- در موتورهای دیزل سوخت به صورت ذرات ریز به وسیله ..... به داخل سیلندر تزریق می‌شود.
- ۱۰- مشخصات گاز مایع را توضیح دهید.