

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# سیستم سوخت رسانی و جرقه خودروهای سواری

شاخه: کار دانش

زمینه: صنعت

گروه تحصیلی: مکانیک

زیر گروه: عیب یابی و تعمیر

رشته های مهارتی: تعمیر موتور و برق خودرو، تعمیر موتورسیکلت، خدمات فنی خودرو،

تعمیر موتور خودرو، تعمیر موتور قایق

کد رایانه ای رشته های مهارتی: ۶۱۱۴، ۶۱۱۹، ۶۱۱۵، ۶۱۱۶، ۶۲۳۶، ۶۲۰۷

نام استاندارد مهارتی مبنا: تعمیر کار اتومبیل های سواری درجه ۲

کد استاندارد متولی: ۸-۴۳/۲۳/۲/۳

شماره درس نظری: ۲۷۸، عملی: ۲۷۹

سرشناسه: آقاخانی، احمد  
عنوان و نام پدیدآور: سیستم سوخت رسانی و جرقه خودروهای سواری شاخه کار دانش.../ مؤلفان: احمد آقاخانی، شهرام امینیان، داوود نجف زاده و کیومرث قاجاریه.  
مشخصات نشر: تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۳.  
مشخصات ظاهری: مصور، جدول.  
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۱۶۱-۸  
وضعیت فهرست نویسی: فیبا  
یادداشت: کتابنامه: ص ۱۹۷.  
موضوع: اتومبیل ها - دستگاه های سوخت  
موضوع: اتومبیل ها - دستگاه های سوخت - نگهداری و تعمیر  
شناسه افزوده: امینیان، شهرام  
شناسه افزوده: نجف زاده، داوود  
شناسه افزوده: سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی. دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش  
رده بندی کنگره: ۶۳۹/۲۵۳  
رده بندی دیویی: ۶۳۹/۲۵۳  
شماره کتابشناسی ملی: ۲۱۳۷۱۰۲

### همکاران محترم و دانش آموزان عزیز:

پیشنهادهای و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتابهای درسی  
فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

tvoccd@roshd.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.medu.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

### وزارت آموزش و پرورش

### سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

عنوان و کد کتاب: سیستم سوخت‌رسانی و جرقة خودروهای سواری، ۶۰۹/۵۸

مؤلفان: احمد آقاخانی، شهرام امینیان، داوود نجف‌زاده، کیومرث قاجاریه

ویراستار ادبی: حسین داوودی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران - ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی) تلفن: ۹ - ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

مدیر فنی و امور چاپ: سیداحمد حسینی

حروفچین: کبری اجابتی

صفحه‌آرا: نسرین اصغری، سیددانیال تقوی اهرمی

طراح جلد: محمدحسن معماری

مصحح: فاطمه میررضایی، الهه مقدم

امور آماده‌سازی خبر: سپیده ملک‌ایزدی

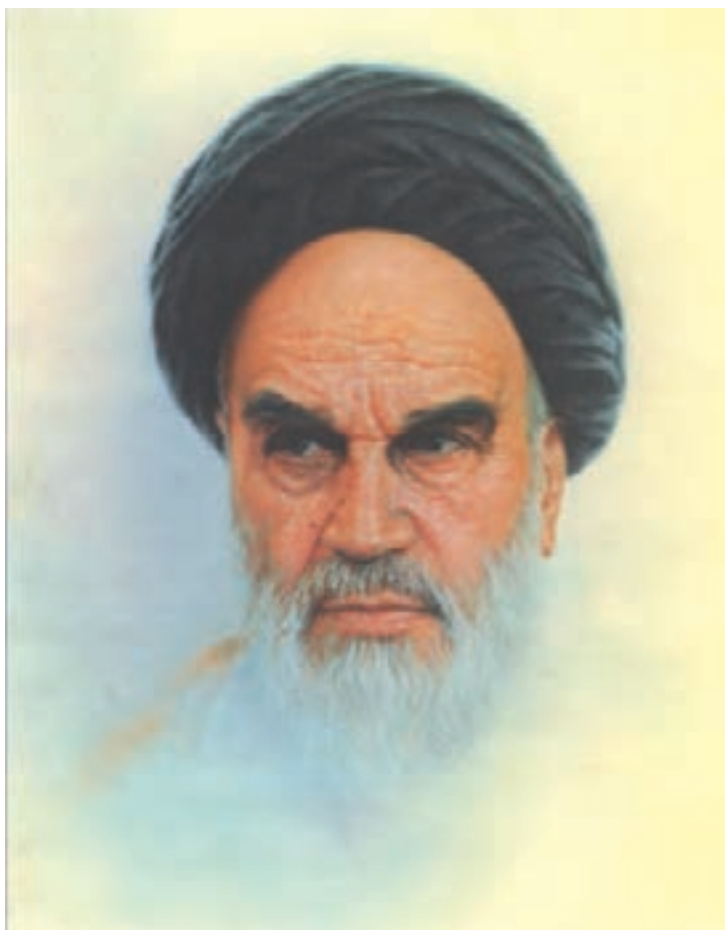
امور فنی رایانه‌ای: حمید ثابت کلاچاهی، سیده شیوا شیخ‌الاسلامی

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران (تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ "داروپخش") تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱

دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران

حق چاپ محفوظ است.



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب پرهیزید.

امام خمینی « قدس سره الشریف »

	مقدمه	
۱	هدف کلی پودمان	
۲	واحد کار یکم	
۳	پیش آزمون	
۴	فرایند احتراق ۱-۱	
۴	۱-۱-۱ احتراق کامل	
۴	۱-۱-۲ احتراق ناقص	
۵	۱-۱-۳ مراحل انجام احتراق	
۵	۱-۱-۴ شرایط جوی مؤثر بر احتراق	
۵	۱-۱-۵ محفظه احتراق	
۶	۱-۲ آلاینده‌ها و انواع آنها	
۷	۱-۳ گازهای آلاینده حاصل از احتراق	
۷	۱-۴ استانداردهای بین‌المللی کنترل آلاینده‌ها	
۸	۱-۵ سوخت	
۹	۱-۵-۱ بنزین	
۱۰	۱-۵-۲ گازوئیل	
۱۰	۱-۵-۳ گاز مایع	
۱۰	۱-۵-۴ گاز طبیعی فشرده	
۱۱	۱-۵-۵ الکل	
۱۱	۱-۶ مدار سوخت رسانی	
۱۲	۱-۶-۱ مخزن سوخت	
۱۳	۱-۶-۲ دستورالعمل پیاده و سوار کردن مخزن سوخت	
۱۵	۱-۶-۳ لوله‌های سوخت رسان	
۱۶	۱-۶-۴ دستورالعمل پیاده و سوار کردن لوله‌های سوخت رسانی	
۱۸	۱-۷ پمپ سوخت	
۱۸	۱-۷-۱ پمپ مکانیکی سوخت	
۱۹	۱-۸ دستورالعمل پیاده و سوار کردن، عیب‌یابی و رفع عیب پمپ سوخت مکانیکی (دیافراگمی)	
۲۲	۱-۹ فیلتر سوخت	
۲۲	۱-۹-۱ دستورالعمل تعویض فیلتر سوخت	
۲۴	۱-۱۰ سیستم هوا رسانی موتور	
۲۴	۱-۱۰-۱ وظایف سیستم هوا رسانی	

۲۵	۲-۱-۱ انواع فیلتر هواکش
۲۶	۳-۱-۱ دستورالعمل پیاده و سوار کردن هواکش
۲۸	۱۱-۱ کاربراتور
۲۸	۱-۱۱-۱ اصول کار کاربراتور
۲۹	۲-۱۱-۱ انواع کاربراتور
۳۱	۳-۱۱-۱ اجزای اصلی کاربراتور
۳۱	۱۲-۱ مدارهای کاربراتور و نتوری ثابت
۳۲	۱-۱۲-۱ مدار شناور
۳۳	۲-۱۲-۱ مدار دور آرام
۳۳	۳-۱۲-۱ مدار اصلی
۳۴	۴-۱۲-۱ مدار سوخت کمکی
۳۴	۵-۱۲-۱ مدار شتاب
۳۵	۶-۱۲-۱ مدار ساسات
۳۵	۱۳-۱ کاربراتور و نتوری متغیر
۳۶	۱-۱۳-۱ کاربراتور و نتوری متغیر با سوزن قابل تنظیم (اتوماتیک)
۳۷	۲-۱۳-۱ طرز کار
۳۷	۳-۱۳-۱ مدار راه اندازی (ساسات)
۳۸	۴-۱۳-۱ مدار دور آرام
۳۸	۵-۱۳-۱ مدار نیم بار
۳۹	۶-۱۳-۱ مدار تمام بار
۳۹	۷-۱۳-۱ مدار با بار کم
۳۹	۸-۱۳-۱ مدار شتاب دهنده
۴۰	۱۴-۱ سیستم های الکتریکی کاربراتور
۴۱	۱۵-۱ مدار جمع آوری سوخت های تبخیر شده
۴۲	۱-۱۵-۱ مخزن سوخت های تبخیر شده (کنیستر)
۴۲	۲-۱۵-۱ سوپاپ های ورودی و خروجی
۴۳	۳-۱۵-۱ مشخصات فنی کاربراتور
۴۴	۱۶-۱ دستورالعمل پیاده و سوار کردن و تعمیر کاربراتور و نتوری ثابت
۴۴	۱-۱۶-۱ دستورالعمل پیاده و سوار کردن کاربراتور و نتوری ثابت
۴۸	۲-۱۶-۱ دستورالعمل باز کردن و بستن کاربراتور و نتوری ثابت
۵۰	۳-۱۶-۱ دستورالعمل عیب یابی و رفع عیب کاربراتور و نتوری ثابت
۵۲	۴-۱۶-۱ بازدید سیستم خلئی هواکش

۵۲	۵-۱۶-۱ بازدید سوپاپ یک طرفه
۵۲	۶-۱۶-۱ بازدید حسگر دمای هوا
۵۳	۷-۱۶-۱ بازدید تعدیل کننده دور آرام
۵۳	۸-۱۶-۱ تنظیم شناور
۵۴	۹-۱۶-۱ سیستم کنترل خلئی ساسات
۵۴	۱۰-۱۶-۱ تنظیم دور آرام و نسبت مخلوط
۵۵	۱۱-۱۶-۱ کنترل سوپاپ برقی دور آرام
۵۶	۱۲-۱۶-۱ کنترل سوپاپ PCV
۵۶	۱۳-۱۶-۱ سوپاپ برقی تهویه پیااله بنزین کاربراتور
۵۶	۱۴-۱۶-۱ تنظیم دور آرام برای مدل های کولردار
۵۷	۱۵-۱۶-۱ بازدید شیر حرارتی مانی فولد بنزین
۵۷	۱۶-۱۶-۱ بازدید سوپاپ برقی سه راه
۵۷	۱۷-۱۶-۱ بازدید سوپاپ کنترل کنیستر
۵۸	۱۸-۱۶-۱ کنترل ارتفاع شناور
۵۸	۱۹-۱۶-۱ کنترل ژینگلور دور آرام
۵۸	۲۰-۱۶-۱ کنترل پمپ شتاب
۵۹	۲۱-۱۶-۱ کنترل ژینگلور اصلی
۵۹	۱۷-۱ مانی فولد گاز (ورودی)
۵۹	۱-۱۷-۱ ساختمان مانی فولد گاز
۶۰	۲-۱۷-۱ سیستم کنترل گرمای مانی فولد گاز
۶۰	۳-۱۷-۱ دستورالعمل پیاده وسوار کردن مانی فولد هوا
۶۱	۱۸-۱ سیستم تخلیه دود
۶۲	۱-۱۸-۱ مانی فولد دود
۶۲	۲-۱۸-۱ لوله و منبع اگزوز
۶۲	۳-۱۸-۱ دستورالعمل پیاده وسوار کردن مانی فولد دود
۶۴	آزمون پایانی (۱)
۶۵	<b>واحد کار دوم</b>
۶۶	پیش آزمون
۶۷	۱-۲ ساختمان سیستم الکترونیکی پاشش بنزین
۶۸	۱-۲-۱ نوع کنترل فشار مانی فولد (D-EFI)
۶۸	۲-۱-۲ نوع کنترل جریان هوا (L-EFI)
۶۹	۲-۲ سیستم تغذیه سوخت

۶۹	سیستم جرقه ۲-۳
۷۰	سیستم کنترل هوا ۲-۴
۷۱	سیستم کنترل آلایندگی ۲-۵
۷۱	۲-۵-۱ سیستم کنترل آلایندگی محفظه میل لنگ
۷۲	۲-۵-۲ سیستم برگشت گازهای اگزوز (EGR)
۷۲	۲-۵-۳ کاتالیست کانورتور
۷۲	۲-۵-۴ سیستم کنترل آلایندگی بخارهای سوخت
۷۳	۲-۶ عملکرد سیستم الکترونیکی پاشش بنزین
۷۶	۲-۷ تفاوت بین سیستم کاربراتوری و سیستم انژکتوری بنزین
۷۷	۲-۸ کنترل بازخورد
۷۷	۲-۸-۱ کنترل بازخورد تغذیه سوخت
۷۷	۲-۸-۲ کنترل بازخورد تایمینگ جرقه
۷۸	۲-۸-۳ کنترل بازخورد دور آرام
۷۸	۲-۹ پردازشگر موتور
۷۹	۲-۱۰ لامپ عیب یابی موتور
۷۹	۲-۱۱ سنسور فشار مانی فولد هوای ورودی
۸۰	۲-۱۲ سنسور اندازه گیری جریان هوا
۸۱	۲-۱۲-۱ نوع سیم داغ
۸۱	۲-۱۳ سنسور موقعیت دریچه گاز
۸۳	۲-۱۴ سنسور ضربه (سنسور ناک)
۸۴	۲-۱۵ سنسور دور موتور یا سنسور زاویه میل لنگ
۸۵	۲-۱۶ سنسور موقعیت میل سوپاپ
۸۶	۲-۱۷ سنسور اکسیژن
۸۸	۲-۱۸ سنسور سرعت خودرو
۸۹	۲-۱۹ عملکرد سیستم تغذیه سوخت
۸۹	۲-۲۰ عملکرد سیستم کنترل الکترونیکی
۹۰	۲-۲۱ کنترل الکترونیکی پاشش بنزین
۹۰	۲-۲۲ روش های پاشش سوخت
۹۳	۲-۲۳ کنترل حلقه بسته
۹۴	۲-۲۴ اجزاء عملکردی سیستم سوخت
۹۴	۲-۲۴-۱ پمپ بنزین

۹۵	۲-۲۴-۲ سوپاپ یک طرفه
۹۵	۲-۲۴-۳ سوپاپ اطمینان
۹۵	۲-۲۴-۴ مدار تغذیه (برق) پمپ بنزین
۹۶	۲-۲۴-۵ رگلاتور فشار سوخت
۹۷	۲-۲۴-۶ رگلاتور نصب شده داخل باک
۹۸	۲-۲۴-۷ ریل سوخت
۹۸	۲-۲۴-۸ سیستم اتوماتیک قطع سوخت
۹۸	۲-۲۵ فیلتر بنزین
۹۹	۲-۲۶ انژکتور
۱۰۰	۲-۲۷ سیستم کنترل هوای دور آرام
۱۰۱	۲-۲۸ نکات ایمنی هنگام کار بر روی سیستم سوخت رسانی
۱۰۲	۲-۲۹ دستورالعمل باز وبست اجزای سیستم سوخت رسانی
۱۲۲	۲-۳۰ نکات ایمنی در عیب یابی سیستم سوخت رسانی انژکتوری بنزینی
۱۲۴	۲-۳۱ محل قرار گیری قطعات در سیستم های الکترونیکی پاشش بنزین
۱۲۷	۲-۳۲ شرح کانکتورهای استفاده شده در جدول ۲-۲ سیستم انژکتوری
۱۳۰	۲-۳۳ دستورالعمل عیب یابی و رفع عیب سنسورها و عملگرها
۱۴۶	۲-۳۴ دستورالعمل اندازه گیری فشار سیستم سوخت رسانی
۱۵۱	آزمون پایانی (۲)
۱۵۳	<b>واحد کار سوم</b>
۱۵۴	پیش آزمون
۱۵۷	۳-۱ وظیفه سیستم جرقه زنی
۱۵۷	۳-۱-۱ مدار اولیه
۱۵۷	۳-۱-۲ مدار ثانویه
۱۵۷	۳-۲ انواع سیستم جرقه زنی
۱۵۷	۳-۲-۱ سیستم جرقه زنی معمولی پلاتین دار
۱۵۸	۳-۲-۲ سیستم جرقه زنی معمولی الکترونیکی
۱۵۸	۳-۲-۳ سیستم جرقه زنی بدون دلکو
۱۵۹	۳-۲-۴ سیستم جرقه زنی مستقیم
۱۵۹	۳-۳ اجزای سیستم جرقه زنی
۱۵۹	۳-۳-۱ کوئل معمولی
۱۶۰	۳-۳-۲ ساختمان کوئل
۱۶۰	۳-۳-۳ بدنه یا پوسته



۱۶۰	۳-۳-۴ هسته کوئل
۱۶۱	۳-۳-۵ سیم پیچ های اولیه و ثانویه کوئل
۱۶۱	۳-۳-۶ مقاومت کوئل
۱۶۱	۳-۴ ترمینال های کوئل
۱۶۲	۳-۵ پلارینه کوئل
۱۶۳	۳-۶ کوئل جرقه پرسی
۱۶۴	۳-۷ دلکو
۱۶۵	۳-۸ ساختمان دلکو
۱۶۵	۳-۸-۱ در دلکو
۱۶۶	۳-۸-۲ چکش برق
۱۶۶	۳-۸-۳ پلاتین
۱۶۸	۳-۸-۴ خازن دلکو
۱۶۹	۳-۸-۵ صفحات دلکو
۱۶۹	۳-۸-۶ بادامک میل دلکو
۱۷۰	۳-۹ مکانیزم آوانس وزنه ای دلکو
۱۷۰	۳-۱۰ مکانیزم آوانس خلئی دلکو
۱۷۲	۳-۱۱ دلکوهای الکترونیکی
۱۷۲	۳-۱۱-۱ پیکاپ مغناطیسی
۱۷۳	۳-۱۱-۲ چرخ دنداندار یا چرخ فرمان
۱۷۳	۳-۱۱-۳ واحد کنترل یا مدول کنترل جرقه
۱۷۶	۳-۱۲ شمع
۱۷۸	۳-۱۲-۱ دستورالعمل بررسی و عیب یابی شمع موتور
۱۷۹	۳-۱۳ دستورالعمل آزمایش کوئل به وسیله اهم متر
۱۸۱	۳-۱۴ دستورالعمل آزمایش کوئل به وسیله لامپ آزمایش
۱۸۳	۳-۱۵ دستورالعمل پیاده و سوار کردن کوئل
۱۸۴	۳-۱۶ اصول نگهداری از کوئل
۱۸۵	۳-۱۷ دستورالعمل بررسی کوئل های نوع پرسی
۱۸۶	۳-۱۸ دستورالعمل آزمایش کوئل (با ترانزیستور قدرت)
۱۸۸	۳-۱۹ دستورالعمل پیاده و سوار کردن دلکو از روی خودرو و تعویض پلاتین و خازن
۱۹۴	۳-۲۰ دستورالعمل باز و بست دلکو خودروهای دلکودار انژکتوری
۱۹۵	آزمون پایانی (۳)
۱۹۸	منابع و مآخذ

## مقدمه

حمد و سپاس خداوند تبارک و تعالی را که از کثرت الطافش بی خبریم و حمدش را با اذن او بر زبان جاری می‌سازیم و امر او را اطاعت می‌کنیم و گرنه ما را توان حمدگویی آن قیوم بی‌همتا نمی‌باشد.

کتاب حاضر در مورد مدارسوخت‌رسانی کاربراتوری، سیستم سوخت‌رسانی انرژی و انواع سیستم جرقه‌زنی معمولی و الکترونیکی بر مبنای توانایی‌های شماره: ۱۱، ۱۲، ۱۳ استاندارد مهارت و آموزشی تعمیرکار درجه ۲ اتومبیل‌های سواری سال ۱۳۸۸ سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور تألیف شده است که می‌تواند علاوه بر هنرجویان شاخه کاردانش برای سایر علاقه‌مندانی که فعالیت‌های آن‌ها در ارتباط با مکانیک خودرو می‌باشد مفید واقع شود. پرسش‌های پیش‌آزمون به منظور ایجاد انگیزه و علاقه‌مندی و فراهم نمودن بستر مناسبی برای یادگیری و سؤالات آزمون پایانی برای ارزیابی آموخته‌های مخاطبین طراحی و در ابتدا و انتهای هر واحد کار آورده شده است بدیهی است که بیان نکته‌نظرها و رهنمودهای تمامی عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند چراغ راه مؤلفان خواهد بود.

با تشکر - مؤلفان

## هدف کلی پودمان:

عیب‌یابی و رفع عیب مدار سوخت‌رسانی کاربراتوری، سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری و سیستم‌های جرقه‌زنی معمولی و الکترونیکی

ساعات آموزشی			عنوان	شماره	
مجموع	عملی	نظری		توانایی	واحد کار
۲۶	۲۰	۶	عیب‌یابی و رفع عیب مدار سوخت‌رسانی کاربراتوری	۱۱	۱
۳۴	۲۶	۸	عیب‌یابی و رفع عیب سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری	۱۲	۲
۳۲	۲۴	۸	عیب‌یابی و رفع عیب انواع سیستم جرقه‌زنی معمولی و الکترونیکی	۱۳	۳
۹۲	۷۰	۲۲	جمع کل		

# واحد کار یکم

## ۱- توانایی عیب‌یابی و رفع عیب مدار سوخت‌رسانی کاربراتوری

### هدف کلی:

عیب‌یابی و رفع عیب مدار سوخت‌رسانی کاربراتوری

### هدف‌های رفتاری:

- ۱- فرآیند احتراق را توضیح دهد.
- ۲- انواع آلاینده‌ها را توضیح دهد.
- ۳- گازهای آلاینده حاصل از احتراق را توضیح دهد.
- ۴- استانداردهای بین‌المللی کنترل آلاینده‌ها را بیان کند.
- ۵- انواع سوخت مورد مصرف در خودروها را توضیح دهد.
- ۶- مدار سوخت‌رسانی و اجزای آن را توضیح دهد.
- ۷- انواع پمپ سوخت را توضیح دهد.
- ۸- پمپ سوخت را عیب‌یابی کند.
- ۹- فیلتر سوخت را توضیح دهد.
- ۱۰- سیستم هوارسانی موتور را توضیح دهد.
- ۱۱- سیستم هوارسانی موتور را پیاده و سوار کند.
- ۱۲- کاربراتور را توضیح دهد.
- ۱۳- مدارهای کاربراتور و نتوری ثابت را توضیح دهد.
- ۱۴- کاربراتورهای و نتوری متغیر را توضیح دهد.
- ۱۵- سیستم‌های الکتریکی کاربراتورها را توضیح دهد.
- ۱۶- مدار جمع‌آوری سوخت‌های تبخیر شده را توضیح دهد.
- ۱۷- کاربراتور و نتوری ثابت را تعمیر کند.
- ۱۸- مانی‌فولد گاز (ورودی) را توضیح دهد.
- ۱۹- سیستم تخلیه دود را توضیح دهد.
- ۲۰- سیستم تخلیه دود را پیاده و سوار کند.

## «پیش آزمون»

۱- سیستم سوخت‌رسانی در خودرو چه وظیفه‌ای را به عهده دارد؟

- الف) سوخت‌رسانی به خودرو  
ب) سوخت‌رسانی به موتور خودرو  
ج) تهیه سوخت مناسب  
د) سوخت‌رسانی به موتور و تهیه مخلوط مناسب

۲- اجزاء سیستم سوخت‌رسانی در خودروی شما چیست؟

- الف) مخزن سوخت، پمپ سوخت، ریل سوخت انژکتورها  
ب) مخزن سوخت، پمپ اولیه، پمپ انژکتور، انژکتورها  
ج) مخزن سوخت، پمپ بنزین، صافی سوخت، کاربراتور  
۳- بهترین محل نصب باک خودرو برای ایمنی بیشتر کدام قسمت است؟

- الف) جلو  
ب) عقب  
ج) زیر صندلی عقب  
د) زیر صندلی جلو  
۴- لامپ اخطار حداقل سوخت در خودروها به وسیله چه عاملی روشن می‌شود؟  
الف) شناور  
ب) رئوستا  
ج) ترمیستور  
د) درجه باک

۵- نام دستگاه شکل مقابل چیست؟

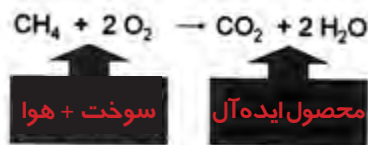
- الف) پمپ سوخت  
ب) کاربراتور  
ج) پمپ انژکتور  
د) جعبه فرمان



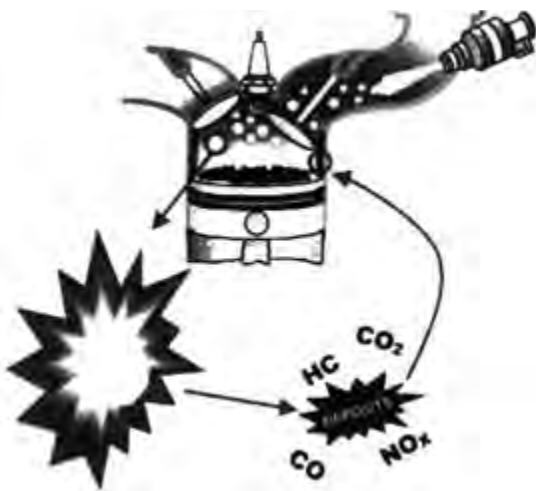
## ۱-۱- فرایند احتراق (Combustion process):



شکل ۱-۱ فرایند احتراق



شکل ۱-۲ معادله کلی احتراق کامل یک سوخت



شکل ۱-۳ احتراق ناقص

برای ایجاد قدرت در موتورهای احتراق داخلی، لازم است که سوخت در کنار اکسیژن هوا قرار گیرد و محترق گردد و یا به عبارت دیگر بسوزد، تا انرژی سوخت آزاد گردد. به واکنش شیمیایی، که طی آن سوخت می‌سوزد و انرژی آن آزاد می‌شود، احتراق می‌گویند (شکل ۱-۱).

از نظر شیمیایی، به فرآیند واکنش یک ماده با اکسیژن، اکسیداسیون گفته می‌شود. مثل زنگ زدن فلزات آهنی که نوعی اکسیداسیون است که به کندی انجام می‌شود.

ولی اگر واکنش اکسیداسیون خیلی تند و به سرعت انجام پذیرد، حالت سوختن پدید می‌آید. لذا به اکسیداسیون سریع یک سوخت، احتراق گفته می‌شود.

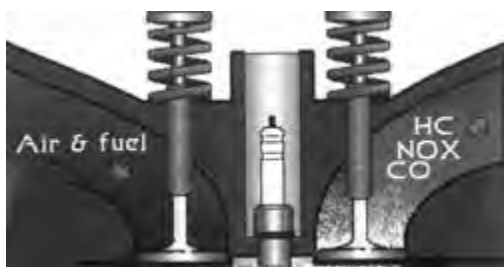
اکثر سوخت‌ها به صورت هیدروکربن هستند. در احتراق از ترکیب اتم‌های هیدروژن و کربن موجود در یک سوخت با اکسیژن، محصولاتی همچون گاز دی‌اکسید کربن ( $\text{CO}_2$ ) و آب ( $\text{H}_2\text{O}$ ) تولید می‌شود (شکل ۱-۲).

### ۱-۱-۱ احتراق کامل

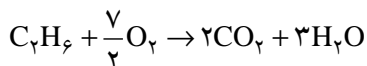
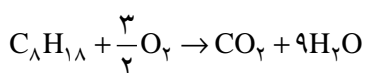
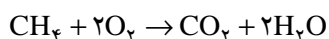
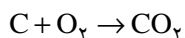
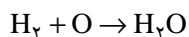
هرگاه از واکنش یک سوخت (هیدروکربن) با اکسیژن فقط دی‌اکسید کربن و آب حاصل شود به آن احتراق کامل می‌گویند. در این حالت بیشترین انرژی ممکن تولید می‌شود.

### ۱-۱-۲ احتراق ناقص

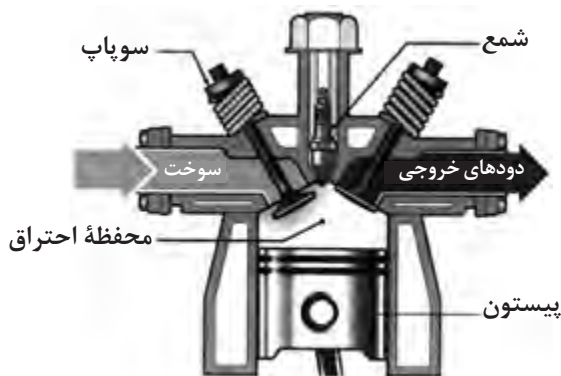
همواره به دلایل مختلفی که بستگی به شرایط احتراق و کیفیت سوخت دارد، احتراق به طور کامل صورت نمی‌گیرد و تمامی کربن و هیدروژن موجود در سوخت به  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  تبدیل نمی‌شود. بلکه مقداری از سوخت به هیدروکربن‌های نسوخته، گاز منواکسید کربن ( $\text{CO}$ )، اکسیدهای نیتروژن ( $\text{NO}_x$ ) یا به سایر ترکیبات واسطه‌ای  $\text{HC}$  تبدیل می‌شود که به آن احتراق ناقص گفته می‌شود (شکل ۱-۳).



شکل ۴-۱- مواد تشکیل شده در احتراق ناقص



جدول ۱-۱- معادلات احتراق



شکل ۵-۱- محفظة احتراق

هر چه احتراق ناقص تر انجام پذیرد، مقدار انرژی تولید شده کمتر و میزان آلاینده‌گی بیشتر خواهد شد (شکل ۴-۱). باید توجه داشت هر قدر اختلاط سوخت و هوا بهتر انجام شود و اکسیژن به مقدار کافی به سوخت برسد، احتراق کامل‌تری خواهیم داشت و بالعکس عواملی چون مخلوط نشدن مناسب سوخت و هوا، نبودن اکسیژن کافی، ناخالصی در سوخت، شکل نامناسب محفظة احتراق و جمع شدن دوده و رسوب در اتاق احتراق و ... باعث می‌شوند احتراق ناقص انجام پذیرد. (جدول ۱-۱)

### ۳-۱-۱- مراحل انجام احتراق

هر چند واکنش احتراق بسیار سریع و در زمان کوتاهی انجام می‌شود ( $\frac{3}{1000}$  ثانیه)، ولی می‌توان مراحل زیر را برای آن تعریف نمود:

۱- تبخیر سوخت و مخلوط شدن آن با هوا؛

۲- ایجاد تلاطم برای اختلاط بهتر سوخت با هوا؛

۳- گرم نمودن مخلوط تا دمای احتراق؛

۴- ایجاد جرقه و شروع اشتعال؛

۵- پیشروی و انتشار جبهه آتش؛

### ۴-۱-۱- شرایط جوّی مؤثر بر احتراق

تغییر دما، رطوبت و فشار جو بر احتراق سوخت در موتور اثر می‌گذارند. این عوامل بر نحوه احتراق سوخت و بر توان تولیدی موتور نیز اثر می‌گذارند.

توان موتور در هوای گرم و خشک کمتر از هوای خنک و مرطوب است. هوای خنک چگال‌تر است (اتم‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر هستند) بنابراین مقدار بیشتری هوا وارد موتور می‌شود.

### ۵-۱-۱- محفظة احتراق

(Combustion Chamber)

کیفیت احتراق بستگی زیادی به شکل محفظة احتراق دارد. جداره سیلندر، که دیواره احتراق را شکل می‌دهد، همواره به صورت استوانه‌ای است ولی کف پیستون گاهی به صورت تخت و گاهی به صورت کروی است (شکل ۵-۱) و بیشتر به شکل سرسیلندر بستگی دارد.

قسمت بالای محفظه احتراق را نیز سرسیلندر تشکیل می‌دهد. سرسیلندر به شکل تخت، شیبدار، هلالی یا کروی می‌باشد تا باعث گردش و اختلاط کامل سوخت و هوا گردد.

## ۱-۲ آلاینده‌ها و انواع آنها

در چند سال گذشته دانش ما نسبت به مسائل زیست محیطی به طور چشم‌گیری افزایش یافته و با استفاده از این دانش، اطلاعات ما نسبت به عوامل تخریب‌کننده محیط زیست بیشتر شده است.

یکی از این منابع آلوده هوا، احتراق حاصل از سوخت‌های فسیلی، به‌خصوص مشتقات نفتی است که امروزه جهت سوخت اصلی صنایع، گرمایش سیستم‌های مسکونی و خودروها به کار می‌رود.

با توجه به رشد و توسعه شهرها و همچنین افزایش جمعیت، شرکت‌های خودروساز روزبه‌روز در تلاش‌اند تا با تولید بیشتر نیاز روزافزون بشر را به خودرو پاسخ دهند. در کنار این تلاش و با توجه به دانش و قوانین بازدارنده و حمایتی از محیط زیست، خودروسازها در تلاش‌اند تا آلاینده‌های خروجی خودروها را کاهش دهند. این امر در طراحی خودروها تأثیر به‌سزایی داشته و به تغییراتی در سیستم‌های سوخت رسانی گذشته (کاربراتوری) و امروز (انژکتوری) منجر گردیده است.

در خودروهای کنونی سیستم‌های هوشمند الکترونیکی جهت کنترل دقیق سوخت در خودروها طراحی و نصب شده است. به طور کلی آلاینده‌های در خودرو را می‌توان به چند دسته تقسیم نمود جدول (۱-۲).

۱- آلاینده‌های هوا (شکل ۶-۱)

۲- آلاینده‌های صوتی

۳- آلاینده‌های مایعات مصرفی در خودرو

۴- آلاینده‌های جامد

در این مبحث گازهای آلاینده حاصل از احتراق بررسی می‌شود.

<b>آلاینده‌های هوا</b>	۱- گازهای حاصل از تبخیر سوخت ۲- گازهای کارتل ۳- گازهای خروجی از اگزوز ۴- گازهای مبرد
<b>آلاینده‌های صوتی</b>	۱- صدای ناشی از احتراق سوخت ۲- صدای ناشی از حرکت خودرو ۳- صدای بوق
<b>آلاینده‌های مایعات مصرفی در خودروها</b>	۱- روغن‌ها (موتور، جعبه‌دنده و ...) ۲- مایع خنک‌کننده ۳- مایع شیشه‌شوی ۴- مایع ترمز و هیدرولیک ۵- سوخت‌های سنگین (گازوئیل)
<b>آلاینده‌های جامد</b>	۱- فیلترها (روغن، سوخت، هوا، سپراتورها، کاتالیست، سیستم تهویه اتاق، مایع هیدرولیک، مایع ترمز) ۲- لاستیک (ذرات حاصل از اصطکاک چرخ‌ها با سطح جاده) ۳- قطعات منفصل از خودرو (آهنی‌ها، غیرآهنی‌ها، غیرفلزی‌ها) ۴- رنگها

جدول ۱-۲ انواع آلاینده‌ها در خودروها

۲۰٪ سوخت تبخیرشده (بخارها)



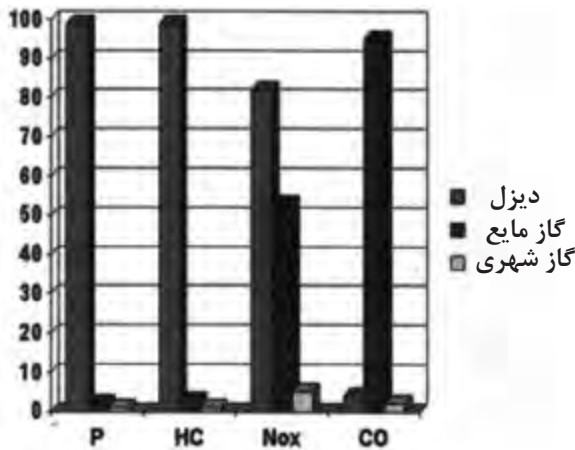
شکل ۱-۶ چهار منبع احتمالی آلودگی جوی ناشی از اتومبیل



### ۳-۱ گازهای آلاینده حاصل از احتراق

تغییرات آب و هوایی، که با پدیده گرم شدن زمین شناخته می‌شود، یکی از بزرگ‌ترین تهدیدهای زیست محیطی است که جهان امروز با آن روبه‌روست.

گازهای خروجی اگزوز همان گازهای تولید شده در اثر احتراق‌اند. مهم‌ترین محصولات احتراق کامل، گاز دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ ) و بخار آب است، که کم‌ضرر یا بی‌ضررند. ولی عملاً در گازهای خروجی اگزوز، مواد دیگری همچون منواکسید کربن ( $CO$ )، هیدروکربن ( $HC$ )، اکسیدهای نیتروژن ( $NO_x$ )، اکسیدهای گوگرد ( $SO_x$ ) و ذرات ریز ( $PP$ ) وجود دارند. میزان این آلاینده‌ها بیشتر به فناوری وسیله نقلیه، نوع سوخت و چگونگی نگهداری از آن بستگی دارد شکل (۷-۱).



شکل ۷-۱- مقایسه آلایندگی در سوخت‌های مختلف

کیفیت سوخت مورد استفاده در خودرو نیز به مقدار

خیلی زیاد بر کیفیت احتراق و میزان مواد آلاینده‌ای که تولید می‌شود تأثیر می‌گذارد.

عوامل دیگری مانند روش رانندگی، شرایط رانندگی و دمای محیط نیز بر انتشار آلاینده‌ها مؤثر است.

سازندگان موتور برای کاهش آلایندگی خودرو بر چهار عامل اصلی متمرکز شده‌اند.

- استفاده از یک سیستم سوخت‌رسانی و جرعه دقیق و قابل اطمینان

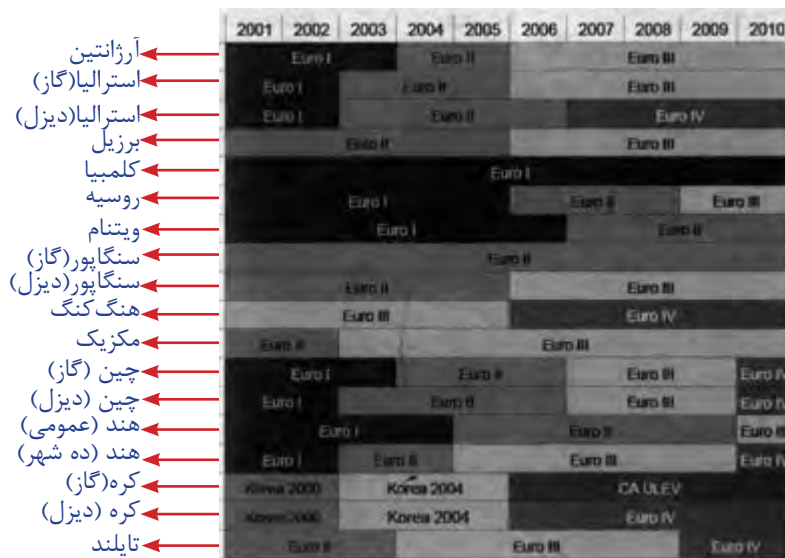
- کاهش آلایندگی گازهای خروجی اگزوز به وسیله مبدل کاتالیزوری

- بازیابی هیدروکربن‌های نسوخته داخل محفظه موتور

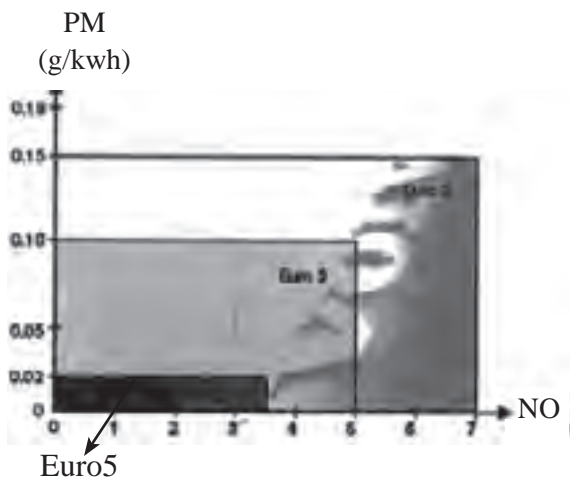
- جذب بخار سوخت از مخزن سوخت (باک)

### ۴-۱ استانداردهای بین‌المللی کنترل آلاینده‌ها

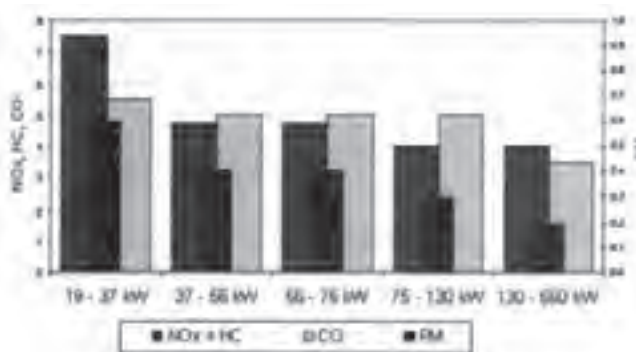
استانداردهای یورو در اروپا تصویب گردید و تمام کشورهای جهان موظف به رعایت آن هستند، (جدول ۳-۱).



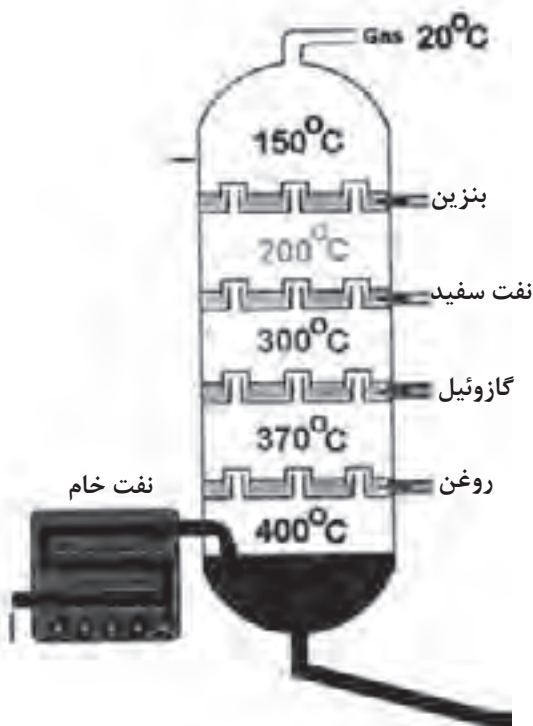
جدول ۳-۱- برنامه زمان‌بندی استانداردهای یورو برای کشورهای مختلف



شکل ۱-۸- مقادیر مجاز NO، PM در استاندارد یورو



شکل ۱-۹- مقادیر گازهای آلاینده خطرناک تولید شده براساس قدرت موتور



شکل ۱-۱۰- برج تقطیر نفت خام

در سال ۱۹۹۲ محدوده مجاز آلاینده‌های خروجی یورو ۱ (EuroI) برای خودروها مطرح شد و نتیجه آن تکنیک‌ها و فنون پیشرفته مهار آلاینده‌ها بود. در سالهای ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ محدودیت‌های سخت‌گیرانه‌تر آلاینده‌ی یورو ۲ (EuroII) با توجه به نوع وسیله نقلیه الزامی شد. در سال ۲۰۰۱ میلادی استاندارد یورو ۳ (EuroIII) و سپس در سال ۲۰۰۶ استاندارد یورو ۴ (Euro4) و در سال ۲۰۰۸ میلادی استاندارد یورو ۵ (Euro5) به تصویب رسید شکل (۱-۸).

هر یک از این استانداردها نسبت به استانداردهای قبلی، شرایط سخت‌گیرانه‌تری در مورد گازهای آلاینده تعریف شده است.

طبق نمودارهای مربوط به این استانداردها، حداکثر مقدار مجاز گازهای آلاینده خطرناک مشخص گردیده است. در شکل (۱-۹) حداکثر مقدار مجاز گازهای HC، NOx، CO، و ذرات ریز PM(p.p) تولید شده براساس قدرت موتور برحسب گرم به ازای هر کیلووات ساعت قدرت موتور (g/kwh) بیان شده است.

## ۵-۱ سوخت (Fuel)

به منظور ایجاد قدرت درون موتور، لازم است که درون سیلندرها، ماده‌ای محترق گردد و در اثر این احتراق، مقداری انرژی آزاد شود. به ماده‌ای که درون سیلندر محترق می‌گردد، سوخت (Fuel) می‌گویند.

سوخت‌های متداول مورد استفاده در خودروها، بنزین، گازوئیل و گاز است. در برخی موارد از سوخت‌های دیگری چون الکل، زغال سنگ (قطران زغال سنگ) استفاده می‌شود. کلیه این سوخت‌ها، به سوخت‌های فسیلی شهرت دارند. امروزه در مراکز تحقیقاتی به دنبال یافتن سوخت‌های دیگری هستند که قابلیت جایگزینی با سوخت‌های فسیلی را داشته باشند. یکی از این سوخت‌های جدید، هیدروژن است که از آن در موتورهای هیبریدی استفاده می‌شود.

اکثر سوخت‌های مورد استفاده در خودروها جزء مشتقات نفت خام‌اند که از طریق حفاری از زیرزمین استخراج می‌شود شکل (۱-۱۰).

جدول ۱-۴- ترکیبات خانواده آلکان‌ها

ردیف	نام آلکان	n	فرمول شیمیایی	وضعیت در دمای معمولی
۱	متان	۱	$CH_4$	گاز
۲	اتان	۲	$C_2H_6$	گاز
۳	پروپان	۳	$C_3H_8$	گاز
۴	بوتان	۴	$C_4H_{10}$	گاز
۵	پنتان	۵	$C_5H_{12}$	مایع
۶	هگزان	۶	$C_6H_{14}$	مایع
۷	هپتان	۷	$C_7H_{16}$	مایع
۸	اکتان	۸	$C_8H_{18}$	مایع
۹	نونان	۹	$C_9H_{20}$	مایع
۱۰	دکان	۱۰	$C_{10}H_{22}$	مایع
۱۱	آندکان	۱۱	$C_{11}H_{24}$	جامد
۱۲	دودکان	۱۲	$C_{12}H_{26}$	جامد

از تقطیر نفت خام در درجه حرارت‌های مختلف، سوخت‌های مورد استفاده در خودروها و روغن‌ها به دست می‌آید که به صورت هیدروکربن‌های مختلف هستند. یعنی مولکول آن‌ها از اتم هیدروژن و کربن تشکیل گردیده است. معروف‌ترین این ترکیبات خانواده آلکان‌ها هستند. این مواد جزء هیدروکربن‌های سیر شده خطی محسوب می‌شوند و از فرمول عمومی ( $C_nH_{2n+2}$ ) پیروی می‌کنند (جدول ۱-۴). چهار ماده اول در دماهای معمولی بصورت گاز، شش ماده بعدی به صورت مایع و از آلکان یازدهم به بعد بصورت جامد هستند.

### ۱-۵-۱- بنزین (Gasoline)

متداول‌ترین سوختی که در خودروها مورد استفاده قرار می‌گیرد، بنزین است. بنزین ترکیبی از پنتان، هگزان، هپتان، اکتان، نونان و دکان است. شکل ۱-۱۱ نشان‌دهنده یک جایگاه توزیع بنزین است.

بنزین از طریق روش کراکینگ (شکستن مولکول‌های هیدروکربن‌های سنگین) و روش پلی مریزاسیون (ترکیب اتم‌های کوچک) تولید می‌شود.

تبخیر بنزین در دماهای بالاتر از  $37^\circ C$  درجه شروع می‌شود و آخرین ماده‌ای که از بنزین تبخیر می‌شود، دکان با نقطه جوش  $204^\circ C$  درجه است. بنزین مناسب برای موتور خودرو باید دارای مشخصات زیر باشد:

۱- فشاریت مناسب (سهولت تبخیر)

۲- مقاومت در برابر انفجار (شکل ۱-۱۲)

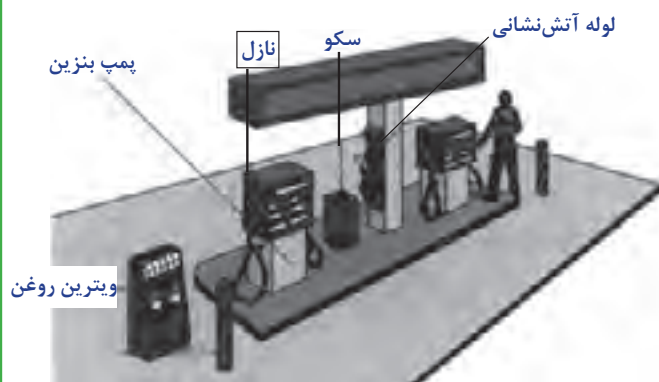
۳- عدم تشکیل رسوب در سیستم سوخت‌رسانی

۴- جلوگیری از زنگ زدن قطعات فلزی در سیستم سوخت‌رسانی

۵- جلوگیری از یخ زدن بنزین در بدنه دریچه گاز و سیستم سوخت‌رسانی

۶- پاک‌کنندگی (اجزای مدار سوخت‌رسانی پاکیزه بماند)

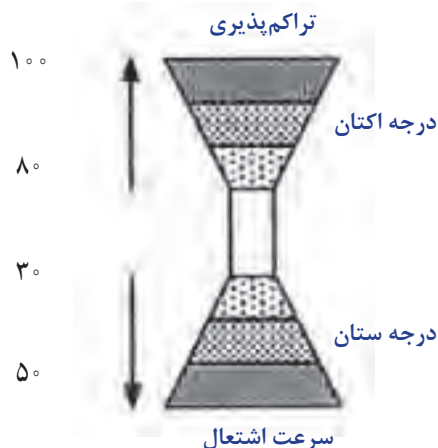
۷- دارای رنگ قابل شناسایی



شکل ۱-۱۱ جایگاه پمپ بنزین



شکل ۱-۱۲ ارتباط عدد اکتان با نسبت تراکم



شکل ۱-۱۳ بالا بودن عدد ستان باعث کاهش زمان تأخیر در شروع اشتعال می‌گردد.

مهم‌ترین مشخصه بنزین مقاومت در برابر خودسوزی و اشتعال خودبه‌خود است. هر قدر عدد اکتان بنزین بالاتر باشد، تمایل آن به خودسوزی کمتر خواهد بود و اگر عدد اکتان پایین باشد، امکان متراکم نمودن بیشتر آن وجود ندارد. و برعکس هرچه عدد اکتان بالاتر باشد، قابلیت تراکم بیشتری را دارد (شکل ۱-۱۳).

## ۱-۵-۲ گازوئیل (Gas oil)

گازوئیل نیز همچون بنزین از پالایش نفت خام به دست می‌آید. گازوئیل ترکیبی از هیدروکربن‌های مختلف است که تبخیر آن از دمای  $204^{\circ}\text{C}$  شروع می‌شود و آخرین ماده آن در دمای  $342^{\circ}\text{C}$  درجه تبخیر می‌گردد.

برعکس بنزین، گازوئیل به دلیل نقطه جوش بالا، تمایلی به تبخیر سریع ندارد. ولی قابلیت خودسوزی گازوئیل زیاد است و در اثر تراکم به سرعت مشتعل می‌شود. زمان بین پاشش سوخت و شروع احتراق را زمان تأخیر احتراق می‌گویند. عدد ستان بیانگر میزان این تأخیر است. هر قدر عدد ستان بیشتر باشد، زمان تأخیر در شروع احتراق کمتر می‌شود و احتراق سریع‌تر رخ خواهد داد (شکل ۱-۱۳). قابلیت سریع سوختن در موتورهای دیزل یک مزیت محسوب می‌شود.

## ۱-۵-۳ گاز مایع (LPG)

گاز مایع ترکیبی از گاز بوتان و گاز پروپان است. این ترکیب در دمای معمولی به صورت گاز است. ولی هنگامی که این گاز در مخازن تحت فشار، (در حدود ۸ اتمسفر) قرار گیرد به مایع تبدیل می‌شود.

یکی از محاسن گاز مایع مقدار نامی عدد اکتان آن است که از ۱۰۰ بالاتر است. در نتیجه، موتور گازسوز می‌تواند نسبت تراکم بزرگتری داشته باشد و با توان و بازده بیشتری کار کند. گاز مایع در محفظه احتراق نیز تمیز می‌سوزد (شکل ۱-۱۴).

## ۱-۵-۴ گاز طبیعی فشرده (CNG)

گاز طبیعی، همان گازی است که در هنگام استخراج



شکل ۱-۱۴ سیستم سوخت‌رسانی گاز خودرو