# بخش ۴

## طلای سیاه، اندوخته‌ای رو به پایان

*آن خدایی که از درخت سبز برایتان آتش پدید آورد و شما از آن، آتش می‌افروزید.*

(قرآن مجید، سوره‌ی ۳۶ آیه ی ۸۰)

مایع سیاهی که رؤیای کیمیاگران یعنی تبدیل مس به طلا را به واقعیت تبدیل کرد!

پس از آب، نفت فراوان‌ترین مایع در بخش‌های بالایی پوسته‌ی زمین است. اگر چه کمی اغراق‌آمیز به نظر می‌رسد ولی زندگی در جهان امروز بدون این مایع قهوه‌ای تیره که بوی نامطبوعی دارد، ناممکن خواهد بود. دست کم در حال حاضر، نفت نقش پراهمیتی در زندگی روزانه ی ما بازی می کند. بخش بزرگی از نیازهای ما به انرژی، با **سوزاندن** نفت تأمین می‌شود. خانه و کلاس شما به طور مستقیم یا غیر مستقیم با نفت گرم یا با آن روشن می‌شود. نفت صنعت حمل و نقل را رونق می‌بخشد. نفت یک منبع غنی از مواد شیمیایی است. موادی که می‌توان از آن‌ها رنگ، دارو، انواع پلاستیک، پارچه، ویتامین‌های ساختنی و مواد گوناگون بسیاری **ساخت**. شکل ۱ نشان می‌دهد که به طور میانگین از هر بشکه نفت چه مقدار برای سوزاندن (نفت به عنوان منبع انرژی) و چه مقدار برای ساختن (نفت

*حجم نفت را با بشکه اندازه می‌گیرند. هربشکه نفت ۱۵۹ لیتر نفت است. اگرچه نفت خام را در چنین بشکه‌های کوچکی حمل نمی‌کنند.*

به عنوان ماده‌ی اولیه برای تولید مواد شیمیایی ارزشمند) مصرف می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، به‌طور میانگین در کشورهای پیشرفته تنها ۱۳ درصد از هر بشکه نفت برای مواردی غیر از سوزاندن به کار می‌رود. ۸۷ درصد بقیه یعنی بیش از ۶/۵ برابر به عنوان سوخت مصرف می‌شود. بعضی از کارشناسان نفتی پیش‌بینی می‌کنند که در قرن بیست و یکم استخراج نفت از منابع شناخته شده، به اوج خود خواهد رسید. پس از آن، با کم شدن منابع نفتی، تولید نفت کاهش می‌یابد و به این ترتیب بهای نفت، پیوسته افزایش خواهد یافت. هنگامی که نفت گران و کمیاب شود، چگونه از آن استفاده خواهیم کرد؟ آیا می‌توانیم روش زندگی خود را به گونه‌ای تغییر دهیم که مصرف این ماده‌ی ارزشمند و حیاتی کاهش یابد؟ آیا باید نفت را برای تولید انرژی بسوزانیم یا از آن مواد سودمند دیگری بسازیم؟ پاسخ شما چیست؟

**شکل ۱** نفت برای سوزاندن و ساختن

مندلیف شیمیدان روسی ده‌ها سال پیش هشدار داد که سوزاندن نفت برای تولید انرژی مانند آن است که اجاق آشپزخانه را با سوزاندن اسکناس روشن نگاه داریم.

*سوخت ماده‌ای است که به آسانی می‌سوزد و به هنگام سوختن مقدار قابل توجهی انرژی آزاد می‌کند.*

فراوانی ظاهری، سهولت انبارداری و حمل و نقل، کاربرد آسان و بهای ارزان نفت موجب شده است که به توصیه‌ی مندلیف توجه نکنیم. در ضمن، این بی‌توجهی ما را با مشکلات محیط زیستی بسیاری چون آلودگی هوا نیز روبه‌رو کرده است، به ویژه، ورود حجم زیاد گاز کربن‌دی‌اکسید ناشی از سوزاندن این سوخت‌ها به هوا کره، سبب شده است که دمای زمین به تدریج افزایش یابد، شکل ۲.

**شکل ۲** این خودروی مسابقه‌ای در حادثه‌ای دچار آتش‌سوزی شده است. آیا از بین رفتن این خودرو تنها خسارت این حادثه است؟

بنابراین، برای ساختن آینده‌ای سبز برای خود و نسل‌های بعدی، باید به طور جدی در چگونگی مصرف نفت بازنگری کنیم. اما، پیش از هرگونه تصمیم‌گیری درباره‌ی شکل و میزان مصرف نفت، باید اطلاعاتی درباره‌ی نفت به دست آوریم. باید بدانیم که نفت چیست و چگونه به‌وجود آمده است. اجزای سازنده‌ی آن چه موادی هستند و چه خواصی دارند. باید بدانیم که چه‌قدر نفت باقی‌مانده است، نفت باقی‌مانده در آینده با چه سرعتی مصرف خواهد شد و آیا می‌توان برای نفت، جایگزینی یافت؟

## بیش تر بدانید

طی هزارها سال مقادیر کمی از نفت موجود در جهان موردا ستفاده قرار گرفته بود. در آن زمان انسان‌ها نفت را هنگامی که چون چشمه‌ای از دل زمین می‌جوشید و بیرون می‌آمد یا به‌طریقی به‌درون چاه آب راه می‌یافت، جمع‌آوری و استفاده می‌کردند. به‌طوری که، برای مردمانی که به‌دنبال حفر چاهی برای تأمین آب آشامیدنی خود بودند، نفت مایه‌ی دردسر و آزار نیز بوده است.

به هرحال، مصریان باستان از نفتی که به این روش به‌دست می‌آمد برای مومیایی کردن اجساد مردگان خود، و از قیر برای گرفتن درزهای موجود در اهرام بزرگ خویش بهره می گرفتند. بابلی‌ها، آشوریان و پارسیان نیز از قیر برای روسازی جاده‌ها و آب‌بندی پایه‌ی دیوارها و ساختمان‌ها استفاده می‌کردند. ساکنان منطقه‌ی بین‌النهرین، درز قایق‌های ساخته‌شده از نی خود را با قیراندود کردن، می‌گرفتند و به این ترتیب آن‌ها را نسبت به آب نفوذناپذیر می‌کردند. آمده است که حضرت نوح(ع) نیز بدنه‌ی کشتی خود را به نفت آغشته کرد تا آب به درون آن نفوذ نکند. بومیان ساکن آمریکا از نفت به‌عنوان رنگ، دارو و سوخت بهره می‌گرفتند. صحرانشینان، نفت را برای درمان بیماری کچلی شترها به‌کار می‌بردند. پارسیان و سومریان معتقد بودند که نفت ارزش دارویی دارد. این باور تا مدت‌ها فراگیر بود و حتی تا اواخر سده‌ی نوزدهم میلادی نیز نفت را به‌عنوان داروی نیروبخشی که هر فنجان از آن هر نوع درد یا کسالتی را برطرف می‌کند، به‌فروش می‌رساندند. اگرچه، این روغن سیه‌روی هیچ‌گونه اثر دارویی نداشت، با این حال افرادی که آن را نوشیده‌اند ،تنها دریافته‌اند که نفت خام مزه‌ی خیلی خوبی ندارد!

در این بخش ضمن پاسخ به برخی از این پرسش‌ها، شما قادر خواهید شد تا خود در این باره تصمیمی آگاهانه و مسئولانه بگیرید.

## در عالم خیال!

بامداد یک روز تعطیل، در خانه بمانید و به دور و بر خود نگاه کنید. فهرستی از اقلامی را تهیه کنید که یا فراورده‌های نفتی را مصرف می کنند، یا از آن‌ها ساخته شده‌اند. حال فرض کنید که همه‌ی این وسایل یا مواد به یک‌باره ناپدید شوند. چه روی می‌دهد؟ آیا زندگی امروزی بدون وجود این فراورده‌های نفتی امکان‌پذیر است؟ یکی از اقلام موجود در فهرست خود را درنظر بگیرید. فکر می کنید اگر این جسم نبود، چه چیز یا چیزهای دیگری می‌توانست جای آن را به‌طور کامل پر کند؟ پاسخ خود را شرح دهید.

## نفت یک سوخت فسیلی است

به زغال سنگ، نفت خام و گاز طبیعی، سوخت‌های فسیلی می گویند. زیرا، زمین شناسان بر این باورند که این مواد از فسیل‌شدن اجساد و بقایای جانوران و گیاهانی به‌وجود آمده‌اند که صدها میلیون سال پیش می‌زیسته‌اند. درواقع،اجساد این جانوران و

گیاهان پس از مرگ، در زیر رسوب‌های دریایی مدفون شد و ابتدا در نبود اکسیژن توسط باکتری‌ها تا حدودی تخریب و سرانجام در فشار و دمای بالای موجود در اعماق زمین، در یک رشته واکنش‌های شیمیایی پیچیده، به مواد خام ارزشمندی تبدیل شده‌اند. بی‌تردید، هم‌اکنون نیز مقداری نفت از باقی‌مانده‌ی موجودات زنده در حال تشکیل است. اما، تشکیل نفت بسیار آهسته انجام می‌شود، به طوری که نمی‌توانیم، آن را یک منبع تجدیدپذیر به‌شمار آوریم.

## برخی بر این باورند که

*سوخت‌های فسیلی نوعی انرژی خورشیدی ذخیره شده هستند.*
این دیدگاه را در کلاس نقد کنید.

ما سوخت‌های فسیلی را منابعی **تجدیدناپذیر** می‌دانیم، زیرا سرانجام روزی به‌پایان خواهند رسید. اگر چه، انسان‌ها طی هزارها سال از سوخت‌های فسیلی به ویژه زغال سنگ استفاده کرده‌اند، با این حال تنها مقدار اندکی نفت مورد استفاده قرار گرفته است. با یافتن نفت در میانه‌ی سده‌ی نوزدهم میلادی، تحوّلی شگرف در زندگی بشر به‌وجود آمد. زیرا، افزون بر کاربرد آن در تأمین انرژی، انسان‌ها با پی‌بردن به ساختار و ویژگی‌های مواد شیمیایی سازنده‌ی نفت، توانسته‌اند مواد تازه و سودمندتری از آن بسازند. در این میان، کاربرد سوخت‌های فسیلی به ویژه نفت برای تأمین انرژی بر دیگر کاربردهای آن پیشی گرفت، به طوری که امروزه حدود ۹۰ درصد از انرژی مورد نیاز ما از مصرف این سوخت‌ها تأمین می‌شود. در واقع منابعی که طی میلیون‌ها سال به وجود آمده‌اند، اگر مصرف آن‌ها به این شکل و با سرعتی که امروزه مصرف می‌شوند، ادامه یابد، در زمانی کم‌تر از ۴۰۰ سال به پایان خواهند رسید.

## یادی از گذشته‌ها

بی‌تردید در هفتاد سال پیش کاربردهای نفت در زندگی بسیار محدودتر از امروز بوده است. در یک فعالیت گروهی، با یک فرد سال‌خورده که حدود آن دوره را به یاد می‌آورد مصاحبه کنید. این فرد می‌تواند عضو خانواده یا همسایه‌ی یکی از اعضای گروه یا فردی باشد که در آسایشگاه سالمندان زندگی می‌کند. پرسش‌های نمونه‌ای در زیر ارایه شده‌اند. در آغاز، این پرسش‌ها را در کلاس بخوانید و همه یا شماری از آن‌ها را انتخاب کنید. همه‌ی گروه‌ها باید پرسش‌های یکسانی در اختیار داشته باشند تا بتوان در پایان کار، نتایج به‌دست آمده را با هم مقایسه کرد.

**نمونه پرسش‌های پیشنهادی برای مصاحبه**

۱ـ در دوران کودکی در کجا زندگی می‌کردید؟ در شهر، در حومه‌ی شهر یا در روستا؟ ویژگی‌های محل زندگی خود را شرح دهید.

۲ـ خانه‌ی خود را با چه وسیله‌ای گرم می‌کردید؟

۳ـ چگونه این وسیله، گرمای موردنیاز شما را تأمین می‌کرد؟ آیا خودتان سوخت موردنیاز را تهیه می‌کردید یا آن را به خانه‌ی شما می‌آوردند؟

۴ـ منبع مورد استفاده‌ی شما در آن زمان از نظر پاکیزگی، آرامش و مقدار گرمای تولیدی، در مقایسه با امروز چگونه بود؟

۵ ـ منبع اصلی روشنایی خانه و محله‌ی شما در دوران کودکی چه بود؟ منبع انرژی مورد استفاده برای تولید این روشنایی چه بود؟

۶ـ وسایل حمل و نقل عمومی در آن دوران چه چیزهایی بود؟ انرژی لازم برای به حرکت درآوردن آن‌ها چگونه تأمین می‌شد؟

۷ـ وسیله‌ی حمل و نقل شخصی شما در آن زمان چه چیزی بود؟ این شیوه‌ی حمل و نقل چه‌قدر مرسوم بود؟ منبع تأمین انرژی آن چه بود؟

۸ ـ برای پخت و پز از چه سوختی استفاده می‌کردید؟

۹ـ اگر شما ناچار بودید غذای خود را از بیرون خریداری کنید، بسته‌بندی آن‌ها چگونه بود؟

۱۰ـ برای شست و شوی لباس‌ها از چه نوع صابونی استفاده می‌کردید؟ آیا کارایی آن‌ها به اندازه‌ی صابون‌ها و پاک‌کننده‌های امروزی بود؟

۱۱ـ چه نوع پارچه‌هایی برای تهیه‌ی لباس‌های شما به کار می‌رفت؟ این پارچه‌ها از چه چیزهایی ساخته می‌شدند؟

پیش از اجرای مصاحبه، هر گروه به‌طور آزمایشی همان مصاحبه را با یکی از اعضای گروه خود، انجام دهد. این مصاحبه‌ی تمرینی، اطلاعات امروزی کامل‌تری را برای مقایسه‌ی بهتر در اختیار شما قرار می‌دهد و به شما در تقویت مهارت مصاحبه کردن نیز کمک می‌کند. پس از اجرای مصاحبه پاسخ‌ها را خلاصه کنید و در جدولی مانند نمونه‌ی زیر و روبه‌روی موضوع مورد پرسش بنویسید.

| موضوع مورد پرسش | گذشته (نتیجه‌ی مصاحبه) | حال (نتیجه‌ی بحث در گروه) |
|---|---|---|
| گرم کردن خانه<br>روشنایی<br>حمل و نقل عمومی<br>حمل و نقل شخصی<br>پخت و پز<br>بسته‌بندی مواد غذایی<br>شست و شوی لباس‌ها<br>جنس پوشاک | | |

چنین جدولی را روی تخته‌سیاه رسم کنید و نتایج مصاحبه‌ی همه‌ی گروه‌ها را در آن وارد کنید. دقت شود که در هر ستون نخست پاسخ‌هایی نوشته شود که گروه‌های بیش‌تری به آن دست یافته‌اند.

*نخستین چاه نفت جهان ۲۱ متر عمق داشت و در سال ۱۸۵۹ میلادی در پنسیلوانیای آمریکا حفر شد. از این چاه ۳۵ بشکه نفت در روز بیرون کشیده می‌شد و هر بشکه با قیمت ۲۰ دلار به‌فروش می‌رسید.*

*نخستین چاه نفت ایران در مسجد سلیمان حفر شد و در پنجم خرداد ۱۲۸۷ خورشیدی در عمق ۳۶۰ متری به‌نفت رسید.*

*در سال ۱۲۸۰ خورشیدی امتیاز اکتشاف، استخراج، پالایش، حمل و نقل و فروش طلای سیاه ایران توسط مظفرالدین‌شاه به یکی از سرمایه‌داران انگلیسی واگذار شد.*

سپس پرسش‌های زیر را در کلاس به بحث بگذارید.

۱ـ تفاوت‌های اصلی میان گذشته و حال را در چه چیزهایی می‌بینید؟

۲ـ آیا دوست دارید به گذشته بازگردید؟ چرا؟

۳ـ اگر منابع انرژی موجود تمام شوند، آیا شیوه‌ی زندگی ما به شکلی برمی‌گردد که در گذشته مرسوم بوده است؟ چرا؟

۴ـ شما که در عصر حاضر زندگی می‌کنید، از اجرای این فعالیت چه نتیجه‌ای گرفتید؟

*۲۹ اسفند سال ۱۳۲۹ روز افتخارآمیز ملی‌شدن صنعت نفت. در این روز، پس از مدت‌ها تسلط بیگانگان بر منابع نفتی کشور، قانونی به تصویب رسید که براساس آن تصمیم‌گیری درباره‌ی نفت از آنِ ملت و دولت ایران شد. امروز بیش از نیم‌قرن از آن روز می‌گذرد.*

## پراکندگی منابع نفتی در جهان

مانند بسیاری از منابع طبیعی شناخته شده‌ی دیگر، نفت نیز در سراسر جهان به طور یکسان یافت نمی‌شود. از مجموع هزار میلیارد (۱،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰) بشکه نفتی که به طور تخمینی اندوخته‌ی شناخته شده‌ی جهان را تشکیل می‌دهد، ۶۵/۷ درصد آن در منطقه‌ی خاور میانه یافت شده است. منطقه‌ای که تنها ۱ درصد از سطح کره‌ی زمین را تشکیل می‌دهد، شکل ۳.

**شکل۳** اندوخته‌ی شناخته شده‌ی نفت جهان (بر حسب میلیارد بشکه) تا سال ۱۹۹۲. همان‌طور که دیده می‌شود ۶۵/۷ درصد نفت جهان در خاور میانه جای دارد.

کشور ما نیز در این منطقه قرار دارد و سالانه صدها میلیون بشکه نفت خام تولید می‌کند. اکنون نیز خبر یافتن میدان‌های نفتی تازه در برخی از نقاط جهان، به‌گوش می‌رسد.

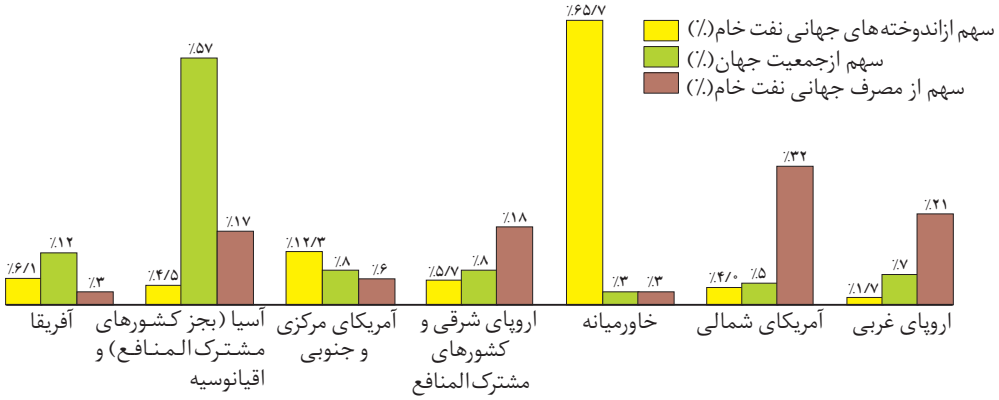
### هر که بامش بیش برفش بیش‌تر!

با توجه به نمودارهای صفحه‌ی بعد به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

۱ـ کدام ناحیه، بیش‌ترین منابع نفتی جهان را نسبت به جمعیت خود، در اختیار دارد؟

۲ـ کدام نواحی ،نفت خام تولیدی جهان را به میزانی بیش‌تر از آن چه که دارند، مصرف می کنند؟

۳ـ کدام نواحی، احتمالاً صادرکننده ی نفت خام هستند؟




## نفت چیست؟ با آن چه می کنیم؟

نفت را **طلای سیاه** نامیده‌اند، اما چرا نفت تا این اندازه ارزشمند است؟ از دیدگاه شیمیایی، نفت مخلوطی از صدها ترکیب مولکولی است. این ترکیب ها دو خصلت شیمیایی سودمند دارند: نخست این که سرشار از انرژی اند و همین انرژی است که به هنگام سوزاندن آن ها، آزاد می شود. دوم این که، این مولکول ها را می توان به روش های شیمیایی به یک دیگر تبدیل کرد و مواد شیمیایی گوناگون و سودمندتری به دست آورد.

شیمیدان ها کشف کرده‌اند که چگونه مولکول های کوچک نفت را به مولکول های غول‌آسا، تبدیل کنند و به این ترتیب، مواد خام مورد نیاز برای تهیه ی انواع پلاستیک، الیاف ساختنی و لاستیک را تولید کنند. شیمیدان ها هم چنین می دانند که چگونه مولکول های نفت را به مولکول های تشکیل دهنده ی عطرها، مواد منفجره و داروهایی مانند آسپیرین، استامینوفن و کدیین تبدیل کنند.

نفت خام در نظر شیمیدان ها بسیار هیجان انگیزتر و سرگرم کننده‌تر از چیزی است که از ظاهر سیاه و قیر مانند آن برمی‌آید. به هر حال، شاید با یافتن پاسخ دو پرسش زیر بتوان پرده از راز این ماده ی شگفت‌انگیز برداشت.

۱) چه نوع مولکول هایی موجب شده‌اند نفت از دیدگاه شیمیایی گنجینه‌ای گران بها به نظر بیاید؟

۲) چگونه می‌توان این مولکول ها را از یک‌دیگر جدا کرد؟

## کار کردن با طلای سیاه

نفتی که از چاه بیرون آورده می شود، **نفت خام** نام دارد. نفت خام، مایعی قهوه‌ای مایل به سیاه است، که ممکن است مانند آب، روان یا مانند قیر غلیظ باشد. نفت خام را به‌وسیله ی لوله، قطار، کامیون یا کشتی به پالایشگاه منتقل می کنند. در آن جا، نفت به مخلوط های ساده‌تر تفکیک می شود. برخی از این مخلوط ها به همین شکل برای مصرف

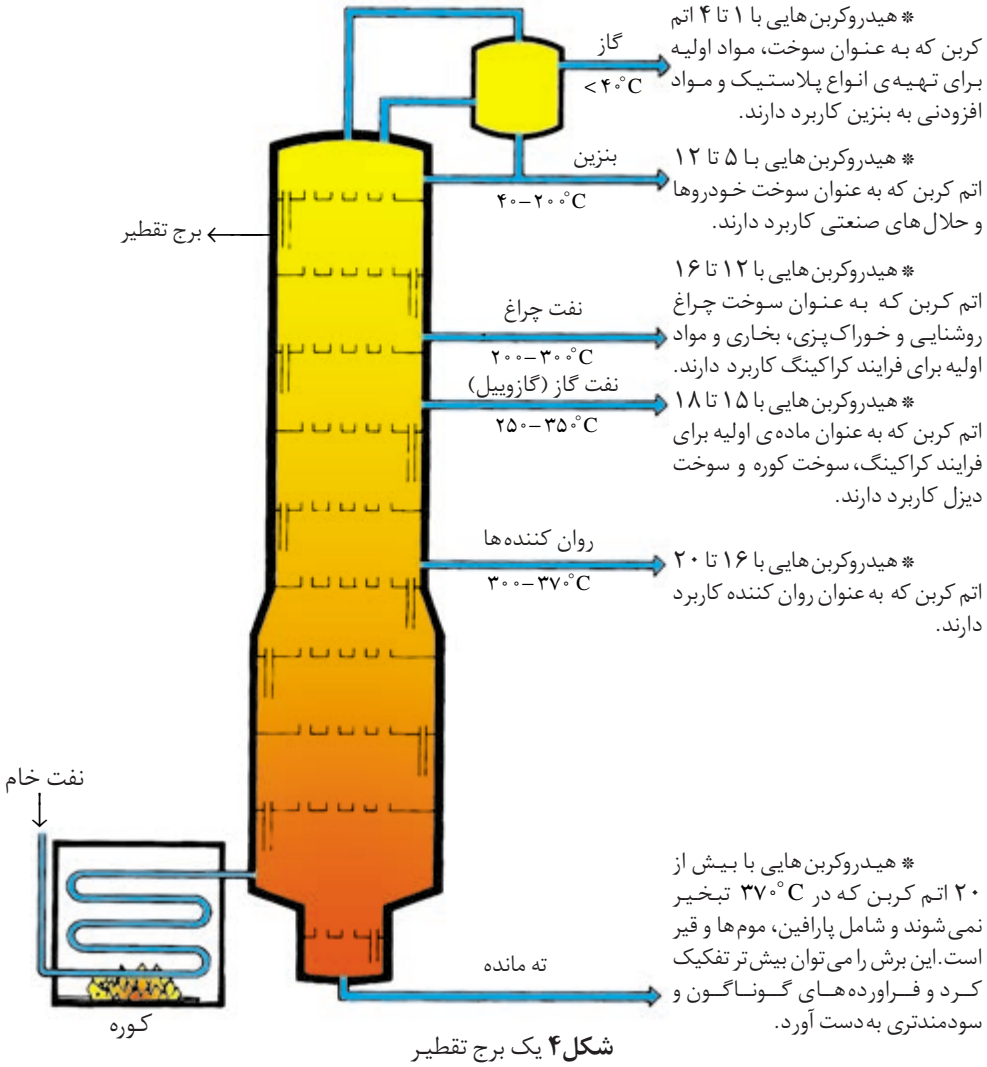
آماده‌اند. اما، برخی دیگر، پس از اجرای عملیات شیمیایی روی آن ها، قابل مصرف می‌شوند.

پس از جدا کردن ناخالصی های نفت خام، ترکیب‌هایی به نام **هیدروکربن** برجای می‌مانند. هیدروکربن‌ها ترکیب‌هایی هستند که تنها از دو عنصر کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند.

## پالایش نفت خام

پس از جدا کردن نمک‌ها و اسیدها، هیدروکربن‌های باقی مانده را **پالایش** می کنند یعنی به وسیله‌ی تقطیر جزء به جزء به مخلوط‌هایی با نقطه جوش‌های تقریباً یکسان جدا می کنند. شکل ۴ چگونگی تقطیر جزء به جزء یا جداسازی نفت خام را به برش‌های گوناگون نشان می‌دهد. در آغاز، نفت خام را در کوره تا $400^{\circ}C$ گرم می کنند تا بسیاری از اجزای آن به‌جوش آیند و به صورت بخار بیرون روند. در جریان تقطیر، نخست مولکول‌های کوچک‌تر بخار می‌شوند و به سوی بالای ستون تقطیر می‌روند. هر پیکان رسم شده به سمت راست، نام برش و محدوده‌ی نقطه‌جوش آن را نشان می‌دهد. برش‌هایی که نقطه‌ی جوش آن‌ها بیش‌تر است، از مولکول‌های بزرگ‌تری تشکیل شده‌اند.

*برش نفتی به مخلوطی از هیدروکربن‌ها می‌گویند که در هنگام تقطیر جزء به جزء نفت خام از بخش خاصی از برج تقطیر خارج می‌شود.*




* هیدروکربن‌هایی با ۱ تا ۴ اتم کربن که به عنوان سوخت، مواد اولیه برای تهیه‌ی انواع پلاستیک و مواد افزودنی به بنزین کاربرد دارند.

* هیدروکربن‌هایی با ۵ تا ۱۲ اتم کربن که به عنوان سوخت خودروها و حلال‌های صنعتی کاربرد دارند.

* هیدروکربن‌هایی با ۱۲ تا ۱۶ اتم کربن که به عنوان سوخت چراغ روشنایی و خوراک‌پزی، بخاری و مواد اولیه برای فرایند کراکینگ کاربرد دارند.

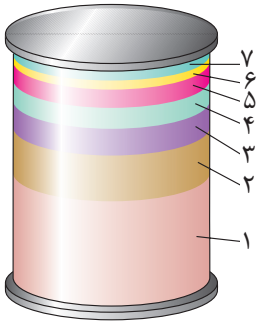
* هیدروکربن‌هایی با ۱۵ تا ۱۸ اتم کربن که به عنوان ماده‌ی اولیه برای فرایند کراکینگ، سوخت کوره و سوخت دیزل کاربرد دارند.

* هیدروکربن‌هایی با ۱۶ تا ۲۰ اتم کربن که به عنوان روان کننده کاربرد دارند.

* هیدروکربن‌هایی با بیش از ۲۰ اتم کربن که در $370^{\circ}C$ تبخیر نمی‌شوند و شامل پارافین، موم‌ها و قیر است. این برش را می‌توان بیش‌تر تفکیک کرد و فراورده‌های گوناگون و سودمندتری به‌دست آورد.

**شکل ۴** یک برج تقطیر

*کاربردهای پایانی فراورده‌های حاصل از پالایش یک بشکه نفت خام.*




۱ـ بنزین ۷۴/۶ L
۲ـ نفت سفید و گازوییل ۳۱/۸ L
۳ـ سوخت هواپیما ۱۶/۰ L
۴ـ حلال‌ها، موم‌ها و روان کننده‌ها ۱۶/۰ L
۵ـ سوخت کوره ۱۱/۰ L
۶ـ قیر ۴/۹ L
۷ـ پلاستیک‌ها و مواد پتروشیمیایی ۴/۷ L

برای این منظور، نفت خام گرم شده در کوره را با پمپ به پایین برج یا ستون تقطیر که معمولاً بیش از ۳۰ متر ارتفاع دارد، می‌فرستند. درون برج تقطیر، سینی‌هایی در فاصله‌های متفاوت قرار داده شده است. هنگامی که نفت خامِ داغ به برج تقطیر وارد می‌شود، مولکول‌های سبک ( برش های با نقطه‌ی جوش کم‌تر) به اندازه‌ی کافی انرژی گرمایی به دست آورده اند که از نفتِ مایع، بیرون بیایند و به بالا، به سوی بخش‌های سردتر برج تقطیر، بروند. به تدریج که این مولکول‌ها بالا می‌روند، سرد می‌شوند. برخی از این مولکول‌ها در حالت گازی باقی می‌مانند و به سوی بالای برج صعود می کنند. در آن جا، به طور جداگانه به عنوا ن برش گازیِ نفت، جدا می‌شوند. برخی دیگر از مولکول‌های نفت با سرد شدن، به حالت مایع برمی‌گردند و در سینی‌هایی که در فاصله‌های متفاوت برج قرار گرفته‌اند، می‌ریزند. این مواد را که محدوده‌ی نقطه‌ی جوش آن‌ها متفاوت است، به عنوان برش های مایع جدا می کنند. در این شرایط، در پایین برج تقطیر، موادی که نقطه‌ی جوش آن‌ها بیش‌تر از $۳۷۰^{\circ}C$ است، به گاز تبدیل نمی‌شوند. این مواد در فرایند تقطیر هم‌چنان به صورت مایع در برج باقی می‌مانند. این مایع‌های غلیظ را که **ته‌مانده** نامیده می‌شوند، از پایین برج تقطیر، بیرون می کشند.

## سوختن یا ساختن؟

در شکل صفحه‌ی بعد، برش‌های اصلی نفت‌خام به همان‌صورتی که از برج تقطیر بیرون می‌آیند، نشان داده‌شده‌اند. در برابر هر پیکان، فهرست فراورده‌های حاصل از هر برش که به مصرف‌کنندگان فروخته می‌شوند و برخی از کاربردهای نهایی این فراورده‌ها نوشته شده است. در پایین‌ترین چهارگوش (مربع یا مستطیل)، فهرستی از فراورده‌های تولیدشده توسط مصرف‌کنندگان برش‌های نفتی و در بالاترین چهارگوش، فراورده‌های جانبی آن‌ها را نیز مشاهده می کنید.

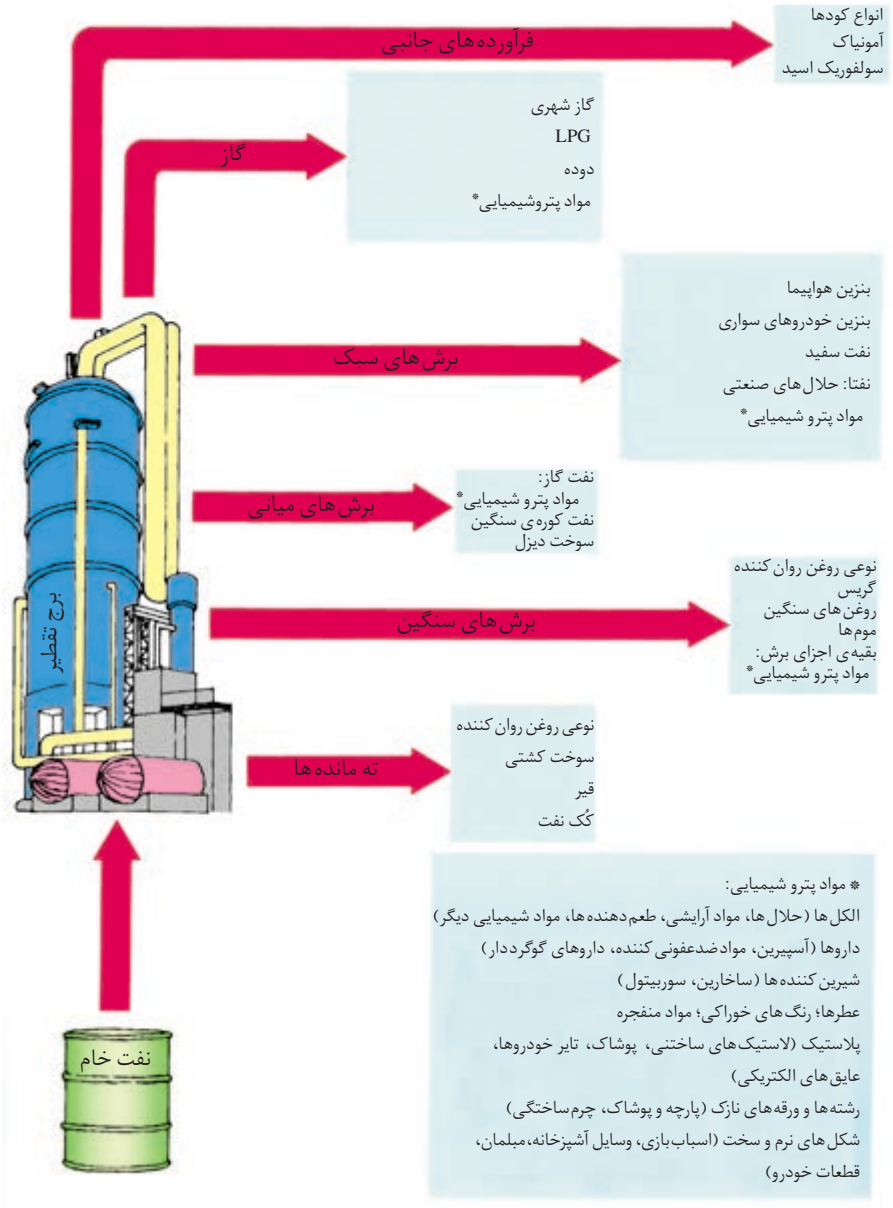
معلم شما کلاس را به پنج گروه کاری تقسیم می‌کند. با توجه به شکل ۵ هر گروه نماینده‌ی یک برش نفتی باشد. پس از مشورت با اعضای گروه و با توجه به ویژگی‌های برش نفتی خود به پرسش‌های زیر پاسخ گویید.

آ) آیا در کاربردهای برش نفتی گروه شما، نفت‌خام به‌عنوان یک منبع انرژی دیده شده است و برای سوختن به‌کار می‌رود؟ اگر پاسخ شما مثبت است، این کاربردها را نام ببرید.

ب) آیا در کاربردهای برش نفتی گروه شما، نفت‌خام به‌عنوان یک منبع برای ساختن مواد جدید دیده شده است؟ اگر چنین است، این کاربردها را نام ببرید.

پ) اگر برش نفتی گروه شما و همه‌ی فراورده‌های حاصل از آن، در یک بحران کمبود نفت به‌طور کامل حذف شوند، چه تغییری باید در زندگی ایجاد شود؟ پاسخ خود را شرح دهید.

*LPG* کوتاه شده‌ی عبارت ***L**iquified **P**etrolum **G**as* به معنای نفت‌گاز مایع شده است. LPG را گاز مایع نیز می گویند.




**شکل۵** از نفت خام تا فرآورده های نفتی

ت) دو کاربرد برش نفتی خود را که به کارگیری آن ها حتی در هنگام رویارویی با بحران کمبود نفت اهمیت دارند، نام ببرید. دلایلی برای انتخاب خود بیان کنید.

ث) بر اساس پاسخ هایتان به پرسش های بالا، به‌نظر شما کدام مهم‌تر است:

*سوزاندن نفت خام برای تولید انرژی* یا *ساختن مواد جدید از نفت خام* ؟ چرا؟

## بیش تر بدانید

*LPG یا گاز مایع، برش ساده و بسیار سبکی از نفت خام است. این برش به‌طور عمده از گازهای پروپان و بوتان تشکیل شده است. این گازها را زیر فشار نسبتاً زیادی به‌صورت مایع درمی‌آورند و در*

*کپسول‌های فولادی برای مصارف خانگی، ذخیره می‌کنند. این کپسول‌های گاز مایع در زمستان‌ها پروپانِ (نقطه‌ی جوش: $-42/1\,^{\circ}C$) بیش‌تر و در تابستان‌ها بوتانِ (نقطه‌ی جوش: $-0/5\,^{\circ}C$) بیش‌تری دارند. به نظر شما چرا تولیدکنندگان گاز مایع مقدار این دو گاز را به این‌صورت تغییر می‌دهند؟*

## نگاهی به مولکول‌های نفت

برش گازی نفت، شامل ترکیب‌هایی با نقطه‌ی جوش پایین است. مولکول‌های این گازها از یک تا چهار اتم کربن دارند و چون سبک هستند، نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی در آن‌ها بسیار ناچیز است. به این علت این مولکول‌ها به آسانی از یک دیگر جدا می‌شوند و به صورت گاز از برج تقطیر بیرون می‌روند.

برش‌های مایع نفت که شامل بنزین، نفت چراغ (نفت سفید) و روغن‌های سنگین‌تر هستند، از مولکول‌هایی با پنج تا بیست اتم کربن تشکیل شده‌اند. برش جامد و روغنی شکل نفت که حتی در دماهای زیاد نیز تبخیر نمی‌شود، شامل مولکول‌هایی با اتم‌های کربن بیش‌تر است. در میان ترکیب‌هایی که از نفت خام به دست می‌آیند، نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی در این برش‌های جامد، از همه بیش‌تر است.

طی تبخیر و جوشش، مولکول‌های مایع به اندازه‌ای انرژی به دست می‌آورند که می‌توانند بر نیروهای بین مولکولی چیره شوند و از حالت مایع به حالت گازی درآیند.

### فکر کنید

هیدروکربن‌های داده شده در جدول زیر را به ترتیب افزایش نقطه‌ی جوش، از بالا به پایین، منظم کنید (هیدروکربن‌هایی که نقطه‌ی جوش آن‌ها از همه کم‌تر است در بالا بنویسید.) و به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

نقطه‌ی جوش برخی از هیدروکربن‌ها

| هیدروکربن | نقطه‌ی جوش ($^{\circ}C$) |
|---|---|
| بوتان | $-0/5$ |
| دکان | $174/0$ |
| اتان | $-88/5$ |
| هپتان | $98/5$ |
| هگزان | $68/5$ |
| متان | $-162/0$ |
| نونان | $151/0$ |
| اوکتان | $125/5$ |
| پنتان | $36/0$ |
| پروپان | $-42/1$ |

۱ـ کدام هیدروکربن‌ها در دمای معمولی ($25^{\circ}C$) گازی شکل‌اند؟

۲ـ کدام هیدروکربن بین دمای معمولی و $37^{\circ}C$ (دمای بدن انسان) به جوش می‌آید؟

۳ـ راجع به نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی در دکان، در مقایسه با نیروهای جاذبه‌ی بین مولکولی در بوتان، چه می‌توان گفت؟

## شیمی آلی

ویژگی‌های هیدروکربن‌های به دست آمده از تقطیر نفت خام را در شاخه‌ای از شیمی می‌توان مطالعه کرد که به **شیمی آلی** موسوم است. واژه‌ی **آلی** برای نامگذاری این شاخه‌ی شیمی، از این رو انتخاب شده است که در گذشته تصور می‌شد که مواد شیمیایی تولید شده به وسیله‌ی موجودات زنده (مانند: قند، نشاسته، سرکه و چربی) تفاوت آشکاری با آن‌هایی دارند که در مواد غیر زنده (مانند: آهن، سنگ آهک و نمک خوراکی) یافت می‌شوند. گذشتگان بر این باور بودند که در این مواد یک نیروی زندگی‌بخش نهفته است و به این دلیل مواد یادشده را **مواد آلی** می‌نامیدند. از دید آن‌ها سنگ‌ها و کانی‌های سازنده‌ی زمین و موادی که از آن‌ها ساخته می‌شوند، همگی مواد غیرآلی هستند. با ساخته شدن نخستین ترکیب آلی در آزمایشگاه، افسانه‌ی نیروی زندگی بخش به فراموشی سپرده شد، اما هنوز هم نام **شیمی آلی** بر زبان‌ها جاری است. ویژگی آشکار ترکیب‌های آلی، وجود اتم‌های کربن در همه‌ی آن‌هاست. از این رو شیمی آلی را شیمی ترکیب‌های کربن نیز می‌گویند. به این ترتیب، هیدروکربن‌ها نیز که تنها از کربن و هیدروژن ساخته شده‌اند، ترکیب‌های آلی به شمار می‌آیند. با مطالعه‌ی شیمی آلی و آشنا شدن با ویژگی‌های اتم کربن، درک ویژگی‌های نفت و فراورده‌های نفتی آسان‌تر خواهد شد.

*آلی در اصل از یک واژه‌ی عربی به معنای دارای اندام گرفته شده است. این واژه را هم ارز واژه‌ی انگلیسی organic گرفته‌اند. داشتن اندام‌های مختلف برای انجام فعالیت‌های زیستی از ویژگی‌های همه‌ی موجودات زنده است.*

*اوره، نخستین ترکیب آلی بود که در سال ۱۸۲۸ توسط فردریش وِلِر، شیمیدان آلمانی، از مواد معدنی در آزمایشگاه ساخته شد. از اوره به عنوان کود شیمیایی در افزایش تولید فراورده‌های کشاورزی استفاده می‌شود.*

## ویژگی بی‌همتای اتم کربن

می‌دانید که هیدروکربن‌ها، تنها از کربن و هیدروژن ساخته شده‌اند. درواقع، هیدروکربن‌ها ترکیب‌هایی هستند که در آن‌ها اتم‌های کربن و اتم‌های هیدروژن توسط پیوندهای کووالانسی به یک‌دیگر متصل شده‌اند.

جدول ۱ فرمول ساختاری چند هیدروکربن را نشان می‌دهد. با دقت به ساختار هر هیدروکربن نگاه کنید. سپس ستون‌های این جدول را تا ردیف پنجم کامل کنید.

با توجه به جدول صفحه روبه‌رو به ترتیب به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ـ هر اتم کربن چند پیوند شیمیایی تشکیل داده است؟

۲ـ هر اتم کربن با پیوندهای خود به چند اتم متصل شده است؟

۳ـ هر اتم کربن با چه اتم‌هایی پیوند شیمیایی تشکیل داده است؟

۴ـ به نظر شما، پیوند شیمیایی اتم کربن با کدام اتم ـ کربن یا هیدروژن ـ امکان تشکیل همه‌ی این مولکول‌ها را فراهم کرده است؟

۵ـ آیا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که: «توانایی اتم کربن برای تشکیل پیوند با خودش، امکان تشکیل این زنجیرهای کوتاه و بلند مولکولی را فراهم کرده است»؟ توضیح دهید.

۶ـ با توجه به فرمول مولکولی داده شده در ردیف شش، و خانه‌های پرشده‌ی ردیف‌های بالای جدول، خانه‌های دیگر این ردیف را از چپ به راست کامل کنید.

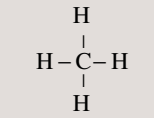
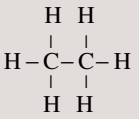
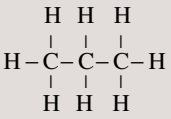
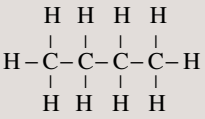
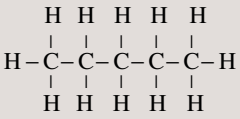
۷ـ بین هر مولکول و مولکول پیش یا پس از آن چه تفاوتی در تعداد اتم‌های سازنده وجود دارد؟

*فرمول ساختاری به فرمولی می‌گویند که در آن افزون بر نوع و تعداد اتم‌ها، شیوه‌ی اتصال اتم‌ها به یک‌دیگر نیز نشان داده می‌شود.*

۸ ـ آیا می‌توان فرمول مولکولی همه‌ی این هیدروکربن‌ها را به صورت $C_nH_{2n+2}$ نشان داد؟ (n تعداد اتم‌های کربن است) امتحان کنید.

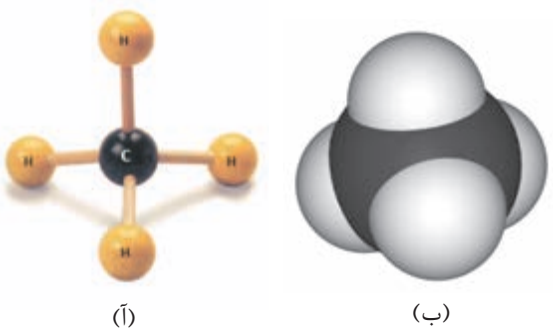
۹ـ فرمول مولکولی هیدروکربنی با ۸ اتم کربن چیست؟

**جدول ۱** فرمول ساختاری شماری از هیدروکربن‌ها

| ردیف | فرمول ساختاری هیدروکربن | تعداد اتم‌های کربن | تعداد اتم‌های هیدروژن | فرمول مولکولی هیدروکربن |
|---|---|---|---|---|
| ۱ |  | | | $CH_4$ |
| ۲ |  | | | |
| ۳ |  | | | |
| ۴ |  | | | |
| ۵ |  | | | |
| ۶ | | | | $C_6H_{14}$ |

## هیدروکربن‌های سیر شده

متان، ساده‌ترین هیدروکربن شناخته شده است. شکل ۶ این مولکول را با مدل گلوله و میله و مدل فضا پرکن نشان می‌دهد. اگرچه مولکول‌های واقعی بیش‌تر به مدل فضا پرکن شباهت دارند، با این حال مدل گلوله و میله برای درک ساختار مولکول‌ها سودمندتر است.



(آ) (ب)

**شکل ۶** مولکول متان؛ آ) مدل گلوله و میله، ب) مدل فضا پرکن

متان، نخستین عضو از یک خانواده‌ی بزرگ موسوم به **آلکان‌ها** است. در یک آلکان، هر اتم کربن با چهار پیوند به چهار اتم دیگر، متصل شده است. این، بیش‌ترین تعداد اتمی است که می‌تواند به اتم کربن متصل شود. به این علت آلکان‌ها را **هیدروکربن‌های سیر شده** می‌گویند. در جدول ۲ ده عضو نخست از این خانواده معرفی شده‌اند. نام اعضای این خانواده از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول تعداد اتم‌های کربن را مشخص می‌کند و بخش دوم لفظ **ان** است که نشان خانوادگی آلکان‌هاست. برای نمونه، آلکانی که پنج اتم کربن دارد، $C_5H_{12}$، پِنتان نامیده می‌شود.

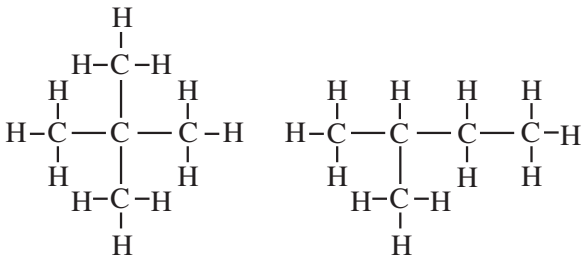
*پارافین نام دیگر خانواده‌ی آلکان‌ها است. ماده‌ای که به‌عنوان پارافین مایع یا شمع می‌شناسید، هریک مخلوطی از چندین آلکان است. برای مثال، شمع که جامد شفاف سفیدرنگ، بی‌بو و بی‌مزه‌ای است، مخلوطی از آلکان‌های جامد بلند زنجیری است که بیش از ۳۰ اتم کربن دارند، مانند $C_{36}H_{74}$.*

**جدول ۲** فهرست ده عضو نخست از خانواده‌ی آلکان‌های راست زنجیر

| نام | تعداد اتم‌های کربن | فرمول مولکولی | فرمول ساختاری کوتاه شده |
|---|---|---|---|
| مِتان | ۱ | $CH_4$ | $CH_4$ |
| اِتان | ۲ | $C_2H_6$ | $CH_3CH_3$ |
| پروپان | ۳ | $C_3H_8$ | $CH_3CH_2CH_3$ |
| بوتان | ۴ | $C_4H_{10}$ | $CH_3CH_2CH_2CH_3$ |
| پِنتان | ۵ | $C_5H_{12}$ | $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ |
| هِگزان | ۶ | $C_6H_{14}$ | $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ |
| هِپتان | ۷ | $C_7H_{16}$ | $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ |
| اوکتان | ۸ | $C_8H_{18}$ | $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ |
| نونان | ۹ | $C_9H_{20}$ | $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ |
| دِکان | ۱۰ | $C_{10}H_{22}$ | $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ |

آلکان‌هایی را که تا این‌جا بررسی کردیم، آلکان‌های **راست زنجیر** می‌نامند. در این آلکان‌ها، هر اتم کربن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است. آرایش‌های دیگری نیز برای اتم‌های کربن امکان‌پذیر است. آلکان‌هایی را که در آن‌ها یک یا چند اتم کربن با سه یا چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد، **آلکان‌های شاخه‌دار** می‌نامند.

برای نمونه به فرمول ساختاری آلکان‌های زیر توجه کنید.



**فکر کنید**

با توجه به فرمول‌های ساختاری بالا:

۱ـ اتم‌های کربنی را که به سه یا چهار اتم کربن دیگر متصل هستند به ترتیب با گذاشتن علامت ✓ یا × روی نماد شیمیایی آن‌ها، مشخص کنید.

۲ـ فرمول مولکولی این دو مولکول را بنویسید.

مولکول‌هایی را که فرمول مولکولی یکسان دارند، اما آرایش اتم‌ها در آن‌ها متفاوت است (فرمول‌های ساختاری متفاوتی دارند) **هم‌پار** یا **ایزومر** می‌نامند. درواقع آلکان‌هایی که چهار یا تعداد بیش‌تری اتم کربن داشته باشند، بیش از یک فرمول ساختاری دارند.

همان‌طور که انتظار می‌رود، با زیاد شدن تعداد اتم‌های کربن، به تعداد هم‌پارها افزوده می‌شود. برای نمونه، شیمیدان‌ها برای پِنتان، $C_5H_{12}$، سه هم‌پار شناسایی کرده‌اند. فرمول‌های ساختاری هم‌پارهای پِنتان در جدول ۳ نشان داده شده است.

**جدول ۳** هم‌پارهای پِنتان ($C_5H_{12}$)

| فرمول ساختاری | نقطه‌ی جوش ($^\circ C$) |
|---|---|
| $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ | ۳۶ |
| $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}H-CH_2-CH_3$ | ۲۸ |
| $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$ | ۹/۵ |

همان‌طور که دیده می‌شود هر هم‌پار یک جسم مستقل است و ویژگی‌های فیزیکی خاص خود را دارد. وجود تفاوت در نقطه‌ی جوشِ این هم‌پارها، گواهی بر این مدعا است.

## برخی از ویژگی‌های مهم آلکان‌ها

همه‌ی آلکان‌ها ویژگی‌های تقریباً مشابهی دارند. برخی از خواص و روند تغییر آن‌ها در میان اعضای خانواده‌ی آلکان‌ها، به این شرح است.

* همه‌ی آلکان‌ها، گازها، مایع‌ها یا جامدهایی بی‌رنگ هستند.
* نقطه‌ی ذوب و جوش آن‌ها با افزایش تعداد اتم‌های کربن (افزایش جرم مولی) زیاد می‌شود.

**فکر کنید**

کدام یک از آلکان‌های راست زنجیر زیر زودتر ذوب می‌شود؟

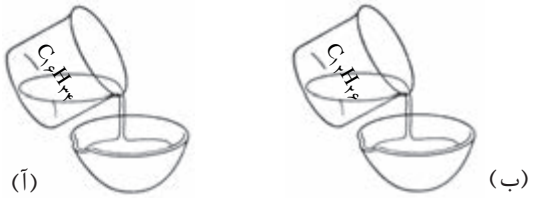
$C_{45}H_{92}$ یا $C_{32}H_{66}$

* گرانروی آلکان‌های مایع با افزایش تعداد اتم‌های کربن (افزایش جرم مولی) بیش‌تر می‌شود.

*گرانروی یک مایع، میزان عدم تمایل آن را برای جاری‌شدن معین می‌کند.*

**فکر کنید**

کدام آلکان سریع‌تر از لیوان بیرون می‌ریزد؟




* همه‌ی آلکان‌ها، به‌ویژه آلکان‌های با مولکول‌های کوچک‌تر در هوا با شعله‌ی آبی ـ زرد تمیزی (بدون تولید دوده) می‌سوزند. آلکان‌ها بر اثر سوختن، همراه با تولید مقدار قابل‌توجهی انرژی به‌صورت نور و گرما، به آب و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند، شکل ۷.

*گاز طبیعی مخلوطی از چند گاز است. ۸۰ تا ۹۰ درصد گاز طبیعی ایران را متان و بقیه را گازهای اتان، پروپان و بوتان تشکیل می‌دهند.*

**شکل ۷** گاز طبیعی که به‌طور عمده از متان تشکیل شده است، با شعله‌ی آبی به نسبت تمیزی می‌سوزد. آیا می‌توانید با آزمایش ساده‌ای تشکیل آب را به هنگام سوختن متان ثابت کنید.

## سوختن هیدروکربن‌ها

می‌دانید که انرژی لازم برای گرم کردن، غذا پختن و حمل و نقل با سوزاندن سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود. هنگامی که این سوخت‌ها را در هوا یا در اکسیژن بسوزانیم، هیدروکربن‌های سازنده‌ی آن‌ها می‌سوزند و انرژی آزاد می‌کنند. از آن‌جا که هیدروکربن‌ها دارای کربن و هیدروژن هستند، از سوزاندن آن‌ها کربن دی‌اکسید و آب و البته مقدار قابل‌توجهی انرژی به‌دست می‌آید. برای نمونه، معادله‌ی شیمیایی سوختن متان به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) + \text{انرژی}$$

متان اکسیژن کربن دی‌اکسید آب

این معادله‌ی شیمیایی نمایانگر یک **سوختن کامل** است. در این نوع سوختن، کربن دی‌اکسید و آب، تنها فراورده‌های واکنش به‌شمار می‌آیند. اگر، مقدار اکسیژن کافی نباشد، سوختن کامل نخواهد بود.

در **سوختن ناقص**، افزون بر کربن دی‌اکسید و آب، مقداری کربن مونواکسید ($CO$) نیز تشکیل می‌شود. اگر مقدار اکسیژنی که در دسترس متان قرار می‌گیرد باز هم کم‌تر

*کربن مونوکسید گازی سمی است و برای ترکیب شدن با هموگلوبین خون با اکسیژن رقابت می‌کند. هنگامی که کربن مونوکسید با هموگلوبین ترکیب می‌شود، آن را از کار می‌اندازد و به این ترتیب دشواری‌های تنفسی به‌وجود می‌آورد. در تماس قرارگرفتن با کربن مونوکسید به مدت طولانی موجب خستگی، سردرد و حتی مرگ می‌شود. در دود سیگار نیز کربن مونوکسید با غلظت نسبتاً زیاد وجود دارد.*

شود، مقداری دوده به‌عنوان فراورده‌ی فرعی تولید می‌شود. بنابراین، تنها هنگامی که گاز اکسیژن زیاد باشد و سوختن به‌صورت کامل انجام شود، سوختن یک هیدروکربن را می‌توان با معادله‌ی شیمیایی زیر نشان داد:

انرژی نورانی و گرمایی + آب + گاز کربن دی‌اکسید ⟵ گاز اکسیژن + هیدروکربن

در این معادله، انرژی به‌عنوان یکی از فراورده‌های واکنش درنظر گرفته شده است زیرا، انرژی هنگامی آزاد می‌شود که هیدروکربن بسوزد. مقدار انرژی آزاد شده را می‌توان برحسب کیلوژول(kJ) و برای یک گرم(g) یا یک مول(mol) از سوخت مورد استفاده، بیان کرد.

جدول ۴ گرمای سوختن یا انرژی آزاد شده به هنگام سوزاندن هیدروکربن‌ها را بر حسب (kJ/g) نشان می‌دهد. این داده‌ها برای محاسبه‌ی انرژی گرمایی آزاد شده به هنگام سوزاندن هر مقدار از هیدروکربن، سودمند هستند.

برای نمونه، ببینیم با سوزاندن ۱۲g اوکتان، $C_8H_{18}$، چه مقدار انرژی گرمایی آزاد می‌شود. جدول ۴ نشان می‌دهد که اگر یک گرم اوکتان را بسوزانیم، ۴۷/۸kJ انرژی آزاد می‌شود. سوزاندن ۱۲g اوکتان، ۱۲ برابر بیش‌تر، یعنی $۱۲ \times ۴۷/۸kJ = ۵۷۴kJ$ انرژی گرمایی آزاد می‌کند.

**جدول۴** گرمای سوختن بعضی از آلکان‌ها

| هیدروکربن | فرمول | گرمای سوختن (kJ/g) | گرمای سوختن مولی (kJ/mol) |
|---|---|---|---|
| متان | $CH_4$ | ۵۵/۶ | ۸۹۰ |
| اتان | $C_2H_6$ | ۵۲/۰ | ۱۵۶۰ |
| پروپان | $C_3H_8$ | ۵۰/۰ | ۲۲۰۰ |
| بوتان | $C_4H_{10}$ | ۴۹/۳ | ۲۸۵۹ |
| پنتان | $C_5H_{12}$ | ۴۸/۸ | ۳۵۱۴ |
| هگزان | $C_6H_{14}$ | ۴۸/۲ | ۴۱۴۵ |
| هپتان | $C_7H_{16}$ | ۴۸/۲ | ۴۸۲۰ |
| اوکتان | $C_8H_{18}$ | ۴۷/۸ | ۵۴۵۰ |

*دوده، شکلی از کربن است که به‌صورت گرد بسیار نرمی درهنگام سوختن ناقص سوخت‌ها یا از تجزیه‌ی گرمایی گاز طبیعی یا نفت خام تولید می‌شود. از دوده برای تولید رنگ و جوهر خودکار، بارور کردن ابرهای باران‌زا و از همه مهم‌تر در صنعت لاستیک‌سازی استفاده می‌کنند. شرکت دوده‌ی صنعتی پارس که در ۱۱۰ کیلومتری جنوب تهران قرار دارد از جمله‌ی مهم‌ترین تولیدکنندگان دوده در کشور است.*

## بهبود کیفیت سوخت

هنگامی که استفاده از خودرو متداول شد، تقاضا برای بنزین به سرعت افزایش یافت. به‌طور معمول، برش بنزین حاصل از تقطیر نفت‌خام، تنها ۱۸ درصد از حجم هر بشکه نفت را تشکیل می‌دهد. درواقع، همه‌ی برش‌های هیدروکربنی به‌دست آمده از نفت، در یک زمان معین عرضه و تقاضای یکسان ندارند.

ممکن است بازار یک برش نفتی، کم‌اهمیت‌تر از برش نفتی دیگر باشد. برای نمونه، اختراع لامپ‌های برق موجب شد که مصرف نفت چراغ به سرعت کاهش یابد و اضافه بر

مصرف باقی بماند.(برش نفت چراغ از مولکول‌هایی با ۱۲ تا ۱۶ اتم کربن تشکیل شده است.)

**فکر کنید**

با توجه به شکل زیر، بگویید که میزان تولید کدام برش‌های نفتی در یک پالایشگاه، کم‌تر از مقدار مورد درخواست است؟

میزان عرضه و تقاضا برای برش‌های مختلف حاصل از پالایش نفت خام در یک پالایشگاه

شیمیدان‌ها و مهندس های شیمی برای ایجاد تغییر یا بهبود کیفی منابع شیمیایی موجود، مهارت یافته‌اند. آن‌ها با ایجاد تغییر در ساختار برخی از هیدروکربن‌های کم‌مصرف‌ترِ نفت، آن‌ها را به فراورده‌های سودمندتری تبدیل می کنند. درواقع، مانند آن‌چه بر سر نفت چراغ آمد، ماده‌ای را که خریدار کم‌تری دارد، به موادی که خریدار بیش‌تری دارد، تبدیل می کنند.

در سال ۱۹۱۳، شیمیدان‌ها فرایند کراکینگ را برای شکستن مولکول‌های نفت چراغ به مولکول‌های کوچک‌تر (در اندازه‌ی مولکول‌های بنزین) طراحی کردند. در این فرایند، نفت چراغ تا حدود $۷۰۰^{\circ}C$ گرم می‌شود. برای نمونه، ممکن است یک مولکول با ۱۶اتم کربن شکسته شود و دو مولکول با ۸ اتم کربن به‌وجود آید.

$$C_{۱۶}H_{۳۴}(g) \xrightarrow{۷۰۰^{\circ}C} C_{۸}H_{۱۶}(g) + C_{۸}H_{۱۸}(g)$$

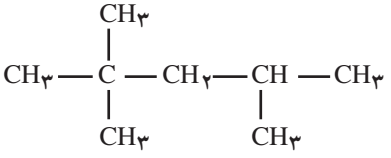
در عمل می‌توان مولکول‌هایی را که از ۱ تا ۱۴ یا تعداد بیش‌تری اتم کربن دارند، از راه کراکینگِ مولکول‌های بزرگ‌تر به‌دست آورد. مولکول‌هایی که ۵ تا ۱۲ اتم کربن دارند برای استفاده در بنزین، سودمند هستند. در پالایشگاه، مقداری از مولکول‌های دارای ۱ تا ۴ اتم کربن را که در فرایند کراکینگ تشکیل می‌شوند، بی‌درنگ می‌سوزانند و به این ترتیب دمای بالای مورد نیاز برای اجرای فرایند کراکینگ را تأمین می کنند.

به‌طور معمول، بیش از یک سوم نفت خام کراکینگ می‌شود. بازده این فرایند را با

افزودن کاتالیزگرهای مناسب مانند آلومینیم اکسید ($Al_2O_3$) بالا برده‌اند. همان‌طور که می‌دانید کاتالیزگر سرعت واکنش شیمیایی (در این مورد فرایند کراکینگ) را افزایش می‌دهد اما خود مصرف نمی‌شود. فرایند کراکینگ کاتالیزی از نظر مصرف انرژی، کارآیی بهتری دارد، زیرا به جای $700^\circ C$ در دمای پایین‌تری ($500^\circ C$) انجام می‌شود.

بنزین با ویژگی‌ها و قیمت‌های متفاوت فروخته می‌شود. بنزینی که بیش‌تر از آلکان‌های راست زنجیر مانند هگزان ($C_6H_{14}$)، هپتان ($C_7H_{16}$) و اوکتان ($C_8H_{18}$) تشکیل شده باشد، به‌آسانی می سوزد. این نوع سوختن سریع، موجب کوبش (تق‌تق کردن) موتور می‌شود و ممکن است آسیب‌هایی جدی به آن وارد کند.

آلکان‌های شاخه‌دار در موتور خودروها، بهتر از آلکان‌های راست زنجیر می‌سوزند. یکی از هم‌پارهای ساختاری اوکتان که ایزواوکتان نامیده می‌شود و در زیر نشان داده شده است، بسیار خوش‌سوز است.

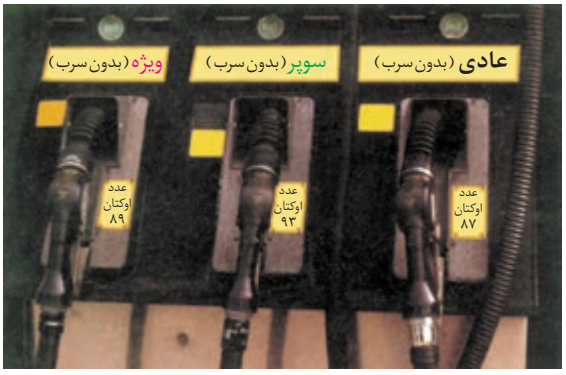


ایزواوکتان

هپتان

مطابق قرارداد، کیفیت سوختی (میزان بهسوزی) این هیدروکربن را با عدد ۱۰۰ (موسوم به عدد اوکتان) نشان می‌دهند. کیفیت سوختی هپتان راست زنجیر ($C_7H_{16}$) بسیار پایین است و با عدد اوکتان صفر مشخص می‌شود. هنگامی که گفته می‌شود عدد اوکتان بنزینی ۹۰ است، یعنی کیفیت سوختن این بنزین با مخلوطی از ۹۰ درصد ایزواوکتان و ۱۰ درصد هپتان برابری می‌کند. درضمن هرچه عدد اوکتان بزرگ‌تر باشد، خواص ضدکوبش بنزین بیش‌تر است. عدد اوکتان بنزین‌های معمولی بین ۸۰ تا ۸۹ است، درحالی که عدد اوکتان بنزین‌های سوپر عدد اوکتانی بالای ۹۰ است.

یک راه نسبتاً ارزان برای بالا بردن عدد اوکتان بنزین، این است که یک ترکیب آلی سرب‌دار به‌نام تتراتیل سرب $(C_2H_5)_4Pb$ را به آن بیفزایند. این ترکیب سرعت سوختن مولکول‌های راست زنجیر بنزین را پایین می‌آورد و تقریباً سه عدد بر عدد اوکتان بنزین می‌افزاید، شکل ۸.



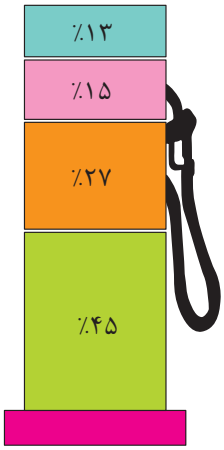
**شکل ۸** از نوشته‌های روی این پمپ‌های بنزین چه اطلاعاتی می‌توان به‌دست آورد؟

متأسفانه سرب موجود در بنزین سرب‌دار، همراه با دیگر فراورده‌های حاصل از سوختن، از راه اگزوز خودروها به هوا وارد می‌شود و به علت اثرهای زیان‌آور سرب بر محیط زیست، در بیش‌تر کشورهای پیشرفته، دیگر از این افزودنی استفاده نمی‌شود.

سرب، فلزی سمی است و حتی مقادیر اندک آن بر سلول‌های مغزی کودکان اثر می‌گذارد و باعث بروز عقب‌ماندگی ذهنی در آن‌ها می‌شود.

## مالیات و آلودگی هوا!

شهروندان آمریکایی در ماه آوریل سال ۲۰۰۰ میلادی هر لیتر بنزین معمولی بدون سرب را به مبلغ ۴۰/۰ سِنت خریداری می کردند. از این مبلغ ۱۸/۰ سِنت(۴۵٪) به تهیه‌ی نفت خام، ۶/۰ سِنت (۱۵٪) به هزینه‌ها و سود پالایشگاه‌ها و ۵/۲ سِنت (۱۳٪) به هزینه‌ها و سود واحدهای حمل و نقل، پخش، نگاه‌داری و فروش اختصاص دارد. ۱۰/۸ سِنت (۲۷٪) باقی مانده (یعنی حدود ۲۷ درصد قیمت بنزین) نیز به‌عنوان مالیات به خزانه‌ی دولت واریز می‌شود. شایان گفتن است که مالیات بر سوخت در ژاپن و برخی از کشورهای اروپایی، از ۵۰ درصد تا ۳۵۰ درصد متغیر است و شهروندان این کشورها ممکن است هر لیتر بنزین را با قیمت یک دلار نیز خریداری کنند.



درصد سهم عوامل مختلف در قیمت بنزین در آمریکا.

این در حالی است که در همین تاریخ، هر لیتر بنزین معمولی بدون سرب در ایران ۳۸۵ ریال معادل با ۴/۵ سنت ($\frac{۱}{۹}$ قیمت بنزین در آمریکا!) به فروش می‌رسید.

در یک فعالیت گروهی تحقیق کنید که گرفتن چنین مالیات‌هایی برای بنزین و سوخت‌های فسیلی دیگر، چه تأثیری بر مسایل زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی کشور ما خواهد گذاشت؟

یافته‌های خود را در کلاس ارایه دهید؟

## بیش تر بدانید

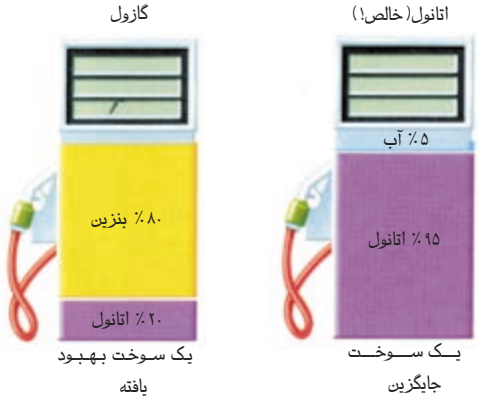
با محدود شدن مصرف بنزین‌های سرب‌دار، افزودن ترکیب‌های دیگری که عدد اوکتان بنزین را بالا می‌برند، روزبه‌روز اهمیت بیش‌تری پیدا کرده است. در حال‌حاضر، گروهی از افزودنی‌ها، موسوم به **سوخت‌های اکسیژن‌دار**، به بنزین افزوده می‌شوند تا عدد اوکتان آن را بالا ببرند. این افزودنی‌ها از مولکول‌هایی تشکیل شده‌اند که افزون بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارند. سوخت‌های اکسیژن‌دار، نسبت به بنزین‌های هیدروکربنی معمولی، انرژی کم‌تری آزاد می‌کنند. با وجود این، تقاضا برای آن‌ها زیاد است. زیرا، این افزودنی‌ها هم عدد اوکتان بنزین را بالا می‌برند و هم گازهای آلوده‌کننده‌ی خروجی از اگزوز خودرو را کاهش می‌دهند. دو سوخت اکسیژن‌دار متداول، اتانول و متانول هستند.

$CH_3CH_2-OH$ — اتانول (اتیل الکل)

$CH_3-OH$ — متانول (متیل الکل)

امروزه، خودروهایی طراحی شده است که در مصرف سوخت انعطاف‌پذیرند، یعنی می‌توانند با متانول، بنزین بدون سرب یا مخلوطی از این دو کار کنند. این خودروها در بسیاری از کشورها به‌خدمت

گرفته شده‌اند. مخلوطی از اتانول با آب (سوخت اتانول) یا مخلوطی از ۲۰ درصد الکل و ۸۰ درصد بنزین (گازول) را می‌توان بدون روبه‌رو شدن با کوچک‌ترین مشکل در همه‌ی خودروهای جدید، مصرف کرد.



یک پمپ بنزین در برزیل.صاحب این خودرو در حال پرکردن باک خودروی خود با اتانول است!
امروزه در برزیل بیش از ۱۲ میلیون خودرو از این سوخت استفاده می‌کنند.

تحقیق کنید چرا کشور برزیل بزرگ‌ترین پروژه‌ی جهانی برای یافتن جایگزین بنزین را آن‌هم از سال ۱۹۷۵ به اجرا گذاشته است؟ درضمن، چرا از میان سوخت‌های اکسیژن‌دار، اتانول را برای این‌کار برگزیده است؟

## ساخت مواد سودمند

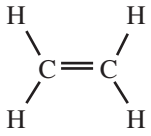
درست، همان گونه که یک مهندس ساختمان طرح یک ساختمان را می‌ریزد و از مصالح ساختمانی قابل دسترس آن را می‌سازد، یک شیمیدان یا به تعبیری یک مهندس مولکول‌ها نیز، مولکول‌های تازه‌ای طراحی می‌کند و آن‌ها را با بهره‌گیری از مولکول‌های قابل دسترس، می‌سازد. بنابراین، همان‌طور که یک مهندس ساختمان باید اطلاعاتی درباره‌ی ساختار و خواص مصالح ساختمانی متداول داشته باشد، یک شیمیدان هم باید ساختار و خواص مواد اولیه، یعنی *مولکول‌های سازنده* را بشناسد و به کمک آن‌ها مولکول‌های جدید و فراورده‌های مورد نظر خود را بسازد. بد نیست که اندکی با ساختار مولکولی برخی از هیدروکربن‌ها و ساختار برخی از فراورده‌هایی که شیمیدان‌ها از آن‌ها می‌سازند، آشنا شوید.

## فراتر از آلکان‌ها

می‌دانید که اتم کربن، سنگ بنای همه‌ی ترکیب‌های آلی است. زیرا، می‌تواند با اتم‌های کربن و اتم‌های دیگر پیوند کووالانسی تشکیل دهد و مولکول‌هایی به شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون به‌وجود آورد. برای مثال، در مولکول برخی از هیدروکربن‌ها، حداقل دو اتم کربن می‌توان یافت که به‌جای چهار اتم، تنها با سه یا دو اتم دیگر پیوند دارد. این نوع هیدروکربن‌ها را **سیر نشده** می‌نامند. زیرا، در آن‌ها همه‌ی اتم‌های کربن با حداکثر ظرفیت خود که چهار است، به چهار اتم دیگر متصل نشده‌اند.

**آلکِن** و **آلکین** نام دو خانواده‌ی بزرگ دیگر از هیدروکربن‌ها هستند که به علت وجود این نوع اتم‌های کربن جزو هیدروکربن‌های سیر نشده به‌شمار می‌آیند. **اِتن** ساده‌ترین عضو از خانواده‌ی آلکن‌ها، و **اِتین** ساده‌ترین عضو از خانواده‌ی آلکین‌ها است.

*اِتین که پیش‌تر استیلن خوانده می‌شد، همان گازی است که در جوشکاری و برشکاری به‌کار می‌رود.*



اِتن (اِتیلن)

اِتین (اَستیلن)

همان‌طور که در ساختار اِتن و اِتین دیده می‌شود، بین اتم‌های کربن به‌جای یک پیوند به‌ترتیب دو و سه پیوند کووالانسی وجود دارد. بنابراین، ترکیب‌های کربن‌داری را که چنین پیوندهایی در آن‌ها باشد، **سیر نشده** می‌گویند.

واکنش‌پذیری شیمیایی هیدروکربن‌های سیر نشده خیلی بیش‌تر از واکنش‌پذیری آلکان‌هاست. زیرا، همه‌ی اتم‌های کربن سیر نشده‌ی آن‌ها تمایل دارند تا از حداکثر ظرفیت خود برای پیوند با اتم‌های دیگر استفاده کنند. از این ویژگی آلکن‌ها و آلکین‌ها می‌توان استفاده کرد و از طریق واکنش دادن آن‌ها با برخی مواد دیگر، ترکیب‌های آلی سودمندتری ساخت.

## مولکول‌های سازنده‌ی دیگر

همه‌ی مولکول‌های سازنده، هیدروکربن نیستند. برخی از مولکول‌های سازنده، ممکن است یک یا چند عنصر دیگر، مانند اکسیژن، نیتروژن، کلر یا گوگرد نیز داشته باشند. بسیاری از این ترکیب‌ها را می‌توان به‌عنوان مشتق هیدروکربن‌ها در نظر گرفت، یعنی هیدروکربن‌هایی که یک یا چند اتم هیدروژن آن‌ها با عنصرهای دیگری جانشین شده است.

وارد کردن عنصرهای دیگری در ساختار هیدروکربن‌ها، موجب می‌شود که واکنش‌پذیری شیمیایی مولکول‌ها به شدت تغییر کند.

## فراورده‌های پتروشیمیایی

در کم‌تر از ۱۵۰ سال پیش، تمام اشیای مورد استفاده‌ی انسان، به‌طور مستقیم از

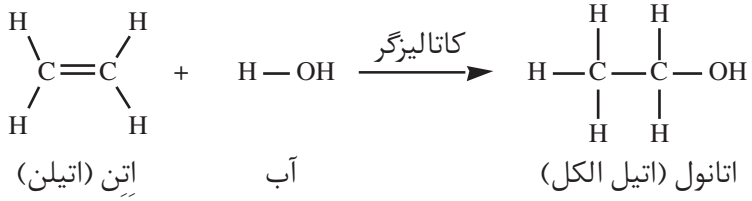
موادی مانند چوب، سنگ، انواع فلزها، شیشه یا خاک‌رس ساخته می‌شد. الیاف مورد استفاده در آن زمان، پنبه، پشم، کتان و ابریشم بود. تمام داروها و افزودنی‌های غذایی (چاشنی) از منابع طبیعی به‌دست می‌آمد.

امروزه بسیاری از اشیا و مواد متداول، ساختنی هستند و به‌وسیله‌ی صنایع شیمیایی از نفت یا گاز طبیعی به‌دست می‌آیند. این ترکیب‌ها را **فراورده‌های پتروشیمیایی** می‌نامند.

برخی از مواد پتروشیمیایی مانند پاک‌کننده‌ها، حشره‌کش‌ها، مواد دارویی و آرایشی به‌طور مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما، بیش‌تر این مواد به‌عنوان ماده‌ی اولیه (یا واسطه) در تولید ترکیب‌های دیگر به‌ویژه پلاستیک‌ها به‌کار می‌روند.

از پلاستیک‌ها برای تولید رنگ، پارچه، لاستیک، مواد عایق، چسب، مواد قالب‌گیری و مصالح ساختمانی استفاده می‌شود. تولید جهانی پلاستیک‌های ساخته شده از نفت پنج برابر بیش‌تر از فراورده‌های ساخته شده از آلومینیم است. بیش از یک سوم تمام الیاف و ۷۰ درصد لاستیک جهان از مواد پتروشیمیایی ساخته می‌شوند. راستی مواد اولیه‌ی مناسب برای ساخت مواد پتروشیمیایی چیست؟ آلکان‌ها، به‌جز قابلیت سوختن، واکنش‌پذیری کمی از خود نشان می‌دهند. از این‌رو، ترکیب‌های معدودی را می‌توان به‌طور مستقیم از آن‌ها تهیه کرد.

برعکس، هیدروکربن‌های سیر نشده به‌ویژه آلکن‌ها، مولکول‌های سازنده‌ی پراهمیتی به‌شمار می‌آیند. یکی از آلکن‌های مهم صنعتی اتن (اتیلن) است. برای ساخت هزارها ماده‌ی شیمیایی، از واکنش مولکول‌های سازنده با یک‌دیگر یا با مولکول‌های دیگر استفاده می‌کنیم. کتاب‌های بسیاری لازم است تا بتوان همه‌ی واکنش‌های مولکول‌های سازنده را معرفی کرد. از این‌رو، تنها با چند مولکول سازنده، یعنی اتن، اتانول و مواد مرتبط با اتن، آشنا خواهیم شد. واکنش‌پذیری پیوند دوگانه در اتن (اتیلن) بسیار زیاد است. از این‌رو، به‌آسانی می‌توان آن را به بسیاری از فراورده‌های سودمند تبدیل کرد. برای مثال، وقتی یک مولکول آب با پیوند دوگانه‌ی یک مولکول اِتن واکنش می‌دهد، اتانول (اتیل الکل) تشکیل می‌شود.




اِتن (اتیلن) آب اتانول (اتیل الکل)

در این واکنش، مولکول آب به اتم‌های کربن پیوند دوگانه ـ H به یک کربن و OH به کربن دیگر ـ *افزوده* می‌شود و ترکیب سیر شده‌ای را به‌وجود می‌آورد. اتانول به مقدار زیاد به‌عنوان حلال در روغن‌های جلا و عطرها، در تهیه‌ی بسیاری از اسانس‌ها و مواد دارویی استفاده می‌شود.

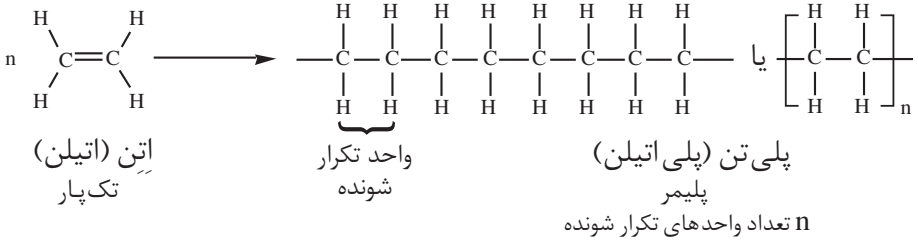
پلی‌تن (پلی‌اتیلن)، که به‌طور متداول در ساخت کیسه‌های پلاستیکی و ورقه‌های

پتروشیمی = پترو + شیمی

*پترو کوتاه‌شده‌ی واژه‌ی لاتین پترولیوم به معنای روغن سنگ است. چون برخی نفت را روغنی می‌پنداشتند که از سنگ به‌دست می‌آید، از این‌رو آن را* **پترولیوم** *نامیدند. بنابراین، پتروشیمی را می‌توان مطالعه و تولید فراورده‌هایی دانست که از نفت و فراورده‌های نفتی به‌دست می‌آیند.*

*مجتمع پتروشیمی شیراز نخستین واحد پتروشیمی ایران است که در سال ۱۳۴۲ کار خود را با تولید کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار آغاز کرد. امروزه در این مجتمع صنعتی، فراورده‌های گوناگونی چون آمونیاک، اوره، آمونیوم نیترات، نیتریک اسید، هیدروکلریک اسید، سدیم هیدروژن کربنات و متانول تولید می‌شود.*

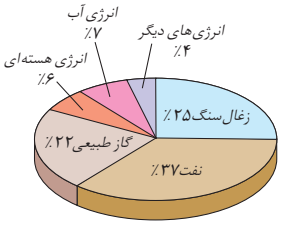
بسته بندی مصرف می شود، یکی از بسپارهای مهم صنعتی است، شکل ۹. **بَسپار** یا **پلیمر** مولکول بزرگی است که از به هم پیوستن دست کم ۱۰۰ تا چند هزار مونومر یا تک‌پار به‌وجود می‌آید. در تولید پلی‌تن مولکول اتن (اتیلن) به عنوان تک‌پار استفاده می‌شود. واکنش شیمیایی تولید پلی‌تن را می‌توان به‌صورت ساده‌ی زیر نمایش داد:



**شکل۹** واحد تولید پلی‌تن در مجتمع پتروشیمی بندر امام. این مجتمع صنعتی که در سال ۱۳۶۸ تأسیس شده است، گاز مایع و پی وی سی نیز تولید می کند.

## جایگزین‌های نفت

گفتیم که نفت یک منبع تجدیدناپذیر است؛ بنابراین اگر آن را مصرف کنیم، چیزی جای خالی آن را پر نمی کند. به درستی نمی‌توانیم پیش‌بینی کنیم که ذخایر نفتی تا چه زمانی دوام خواهند داشت و میزان تقاضا برای نفت در آینده چه مقدار خواهد بود. خوشبختانه، از مدت‌ها پیش، شیمیدان‌ها در جست‌وجوی جایگزین‌هایی برای نفت ـ هم برای سوزاندن و هم برای ساختن ـ بوده‌اند.




*مصرف جهانی انرژی مطابق آمار سال ۱۹۹۸.*

## جایگزین نفت برای سوزاندن

یکی از جایگزین‌های احتمالی نفت، تولید سوخت مایع از زغال‌سنگ است. آلمان از دهه‌ی ۱۹۴۰ میلادی از این فناوری بهره‌مند بوده است. در حال حاضر، هزینه‌ی استخراج زغال‌سنگ از معدن و تبدیل آن به سوخت مایع خیلی بیش‌تر از هزینه‌ی تولید همین مقدار

سوخت از نفت است. اما، این امکان نیز وجود دارد که با افزایش بهای نفت، تولید سوخت مایع از زغال‌سنگ سودآور شود.

برای گسترش عمر سودمند نفت، به‌عنوان منبع انرژی، چند راه وجود دارد. بدون آن که ضرورت داشته باشد، روش زندگی خود را به‌طور جدی تغییر دهیم. می‌توان ساختمان‌ها و ماشین‌هایی ساخت که بهره‌وری انرژی در آن‌ها بیش‌تر باشد و نیاز ما را به نفت کم‌تر کند.

خودروهایی را که با بنزین کار می‌کنند، می‌توان به خودروهایی تبدیل کرد که با دو نوع سوخت، یعنی بنزین و گاز طبیعی کار کنند. گاز طبیعی را که بیش‌تر از متان، $CH_4$، تشکیل شده است می‌توان به‌صورت فشرده در مخزن‌های ویژه‌ای انبار کرد. این فراورده را اغلب با نام CNG به فروش می‌رسانند. مخزن‌های CNG را که قابل پر شدن دوباره هستند، می‌توان در بدنه‌ی خودرو جاسازی کرد. هریک از این مخزن‌ها می‌تواند سوخت یک خودروی معمولی را برای مسافت ۴۰۰ کیلومتر تأمین کند. استفاده از سوخت تمیزی هم‌چون گاز طبیعی، یکی از راه‌حل‌های گسترش عمر مفید منابع نفتی جهان است. گفتنی است که منابع مهم دیگری که منشأ فسیلی ندارند، نیز برای تأمین انرژی مورد مطالعه و در برخی موارد مورد استفاده قرار گرفته‌اند. انرژی هسته‌ای، انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی موج‌های دریا و انرژی زمین گرمایی از این جمله‌اند. ویژگی مهم همه‌ی این منابع، این است که انرژی الکتریکی را به‌طور مستقیم تولید می‌کنند. در واقع، این منابع، هیچ گونه کربن دی‌اکسیدی به هوا وارد نمی‌کنند. بنابراین، برخلاف همه‌ی سوخت‌های فسیلی، می‌توان آن‌ها را منابع تمیزی برای تولید انرژی دانست.

*زغال سنگ فراوان‌ترین سوخت فسیلی در جهان است.*

*CNG کوتاه شده‌ی عبارت Condensed Natural Gas به معنای گاز طبیعی فشرده است.*

*به منابع انرژی تجدیدپذیر نیروی سبز می‌گویند.*

## گاز هیدروژن جایگزینی برای نفت

گاز هیدروژن فراوان‌ترین عنصر در جهان است که به‌صورت ترکیب‌های مختلف یافت می‌شود. این گاز مانند سوخت‌های فسیلی می‌تواند با اکسیژن بسوزد و گرما تولید کند. فراورده‌ها و گرمای سوختن گاز هیدروژن و سوخت‌های فسیلی در جدول ۵ نشان داده شده است.

**جدول ۵ فراورده‌ها و گرمای سوختن چند ماده سوختنی**

| سوخت | بنزین | زغال‌سنگ | هیدروژن | گاز طبیعی |
|---|---|---|---|---|
| گرمای آزاد شده (kJ/g) | ۴۸ | ۳۰ | ۱۴۳ | ۵۴ |
| فراورده‌های سوختن | $CO, CO_2, H_2O$ | $CO, CO_2, H_2O, SO_2$ | $H_2O$ | $CO, CO_2, H_2O$ |

**فکر کنید**

گاز هیدروژن به عنوان یک سوخت در مقایسه با سوخت‌های فسیلی چه مزایایی دارد؟

*اولین بار در سال ۱۸۳۹ میلادی ویلیام گرو سلول‌های سوختی را اختراع کرد، اما استفاده از این سلول‌ها با استقبال خوبی روبه‌رو نشد تا اینکه در اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی دانشمندان برای پرتاب سفینه‌های فضایی با یک مشکل جدی روبرو شدند. آن‌ها برای تأمین انرژی وسایل و قطعات الکترونیکی داخل سفینه نیاز به منبعی از انرژی داشتند که نیاز به شارژ کردن نداشته، سبک و قابل اطمینان باشد و پیوسته کار کند. جست‌وجو برای یافتن چنین منبعی، دوباره نگاه‌ها را متوجه سلول‌های سوختی کرد.*

دانشمندان یک نوع باتری ساخته‌اند که با مصرف گازهای هیدروژن و اکسیژن برق تولید می‌کند. این نوع باتری به سلول سوختی معروف است و برای تأمین برق رایانه‌ها و موتورهای کوچک موجود در فضاپیماها و روشنایی آن‌ها به کار می‌رود. درحال حاضر خودروهایی ساخته شده‌اند که با سلول‌های سوختی کار می‌کنند. از این‌رو احتمال زیادی وجود دارد که کاربرد این نوع باتری‌ها گسترش بیابد و گاز هیدروژن نهایتاً بتواند جایگزین نفت برای سوختن شود، اما سرنوشت سلول‌های سوختی و میزان گسترش کاربرد آن‌ها به میزان سهولت و با صرفه بودن روش‌های تولید آن وابسته است.

یکی از روش‌های تولید گاز هیدروژن تجزیه آب است. آب را می‌توان به کمک برق و انرژی خورشیدی تجزیه کرد، اما این روش‌ها به انرژی زیادی نیاز دارند و با صرفه نیستند. درنتیجه دانشمندان در جست‌وجوی یافتن روش‌های مناسب‌تر و باصرفه‌تری برای تولید هیدروژن هستند.

گفتنی است، با وجود این که گاز هیدروژن مزیت‌های زیادی دارد که بتواند به‌عنوان سوخت، جایگزین نفت شود اما معایب بزرگی هم دارد که برای برطرف کردن آن‌ها راه طولانی در پیش است و تلاش خستگی‌ناپذیر دانشمندان را می‌طلبد.

*رونمایی از چند خودروی ایرانی که با سلول سوختی کار می‌کنند، امید و انگیزه پژوهشگران جوان کشورمان را برای رسیدن به فناوری بومی و پیش‌رفته در زمینه سلول‌های سوختی دو چندان کرده است.*

*برخی از جلبک‌ها می‌توانند از آب، گاز هیدروژن تولید کنند.*

*شاید روزی فرا برسد که آب بتواند به‌عنوان یک منبع پایان‌ناپذیر برای تهیه هیدروژن و درنتیجه تولید برق به کار برود. نظر شما چیست؟*

## جست و جو کنید

در یک فعالیت گروهی درباره روش‌های تولید، نگه‌داری و حمل و نقل گاز هیدروژن تحقیق کرده و معایب این گاز را به عنوان یک سوخت به کلاس گزارش دهید.

## بیش تر بدانید

در برخی از کشورها، از چربی‌ها و روغن‌های گیاهی و حیوانی برای تولید سوخت استفاده می‌شود. البته این بار در پی جایگزینی برای گازوییل!

در انگلستان از دانه‌های گیاهی خودرو به نام **شَرشَم**، روغنی به‌دست می‌آید که از آن یک سوخت دیزل تهیه می‌شود . این سوخت در اثر سوختن گاز گوگرد دی‌اکسید تولید نمی‌کند و مقدار دوده‌ی کم‌تری نیز دارد. به این نوع سوخت‌ها، **زیستْ دیزل** می‌گویند.

این اتوبوس به‌طور آزمایشی با زیست دیزل تولیدی از روغن گیاه شَرشَم به راه افتاده است.

گیاه شَرشَم. این گیاه خودرو به‌طور گسترده در انگلستان می‌روید. هم‌چنین در استان سیستان و بلوچستان (حومه‌ی خاش) نیز یافت می‌شود.

**فکر کنید**

آیا کاغذ باطله و مقوا را می‌توان به‌عنوان سوخت در خانه مصرف کرد؟ به این پرسش پس از پرکردن جدول زیر پاسخ دهید.

ملاک‌های گزینش یک سوخت

| ویژگی‌های سوخت مورد بررسی | بله | خیر | تاحدودی | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| آیا به آسانی شعله‌ور می‌شود؟ | | | | |
| آیا پس از شعله‌ور شدن به سوختن ادامه می‌دهد؟ | | | | |
| آیا به‌طور طبیعی یافت می‌شود؟ | | | | |
| آیا دود فراوانی تولید می‌کند؟ | | | | |
| آیا بخارهای خطرناک ایجاد می‌کند؟ | | | | |
| آیا مقدار زیادی انرژی (گرمایی ـ نورانی) تولید می‌کند؟ | | | | |
| آیا پس از سوختن خاکستر به‌جای می‌گذارد؟ | | | | |
| آیا به‌سرعت می‌سوزد و تمام می‌شود؟ | | | | |
| آیا انبار کردن و حمل و نقل آن بی‌خطر است؟ | | | | |
| آیا گران‌قیمت است؟ | | | | |
| آیا به فراوانی در دسترس قرار دارد؟ | | | | |
| آیا می‌توان از آن در موارد دیگر استفاده کرد؟ | | | | |

## جایگزین نفت برای ساختن

به‌تدریج که منابع نفتی کاهش می‌یابند، مصرف نفت به‌عنوان سوخت به‌طور جدی محدودتر می‌شود. اما، به‌عنوان منبع مواد پتروشیمیایی هم چنان مورد استفاده خواهد بود. با وجود این، چون سرانجام روزی منابع نفتی به پایان خواهند رسید، باید در جست‌وجوی منابع جایگزین برای تولید مولکول‌های سازنده نیز بود.

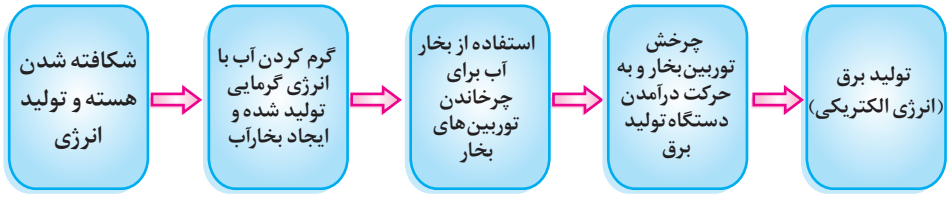
استفاده از زغال‌سنگ به‌عنوان ماده‌ی خام اولیه ـ افزون بر نقش آن به‌عنوان سوخت ـ توجه زیادی را به خود جلب کرده است. زغال‌سنگ، بیش‌تر از کربن تشکیل شده است. در اصل، تمام ترکیب‌های کربن را که هم‌اکنون از نفت ساخته می‌شوند می‌توان با استفاده از واکنش‌های شیمیایی مناسب، از زغال‌سنگ، آب و هوا به‌دست آورد. اما، هزینه و زمان لازم برای یافتن معدن‌های تازه‌ی زغال‌سنگ و تأسیس کارخانه‌های مورد نیاز، مانع گذر سریع از نفت و توجه به زغال‌سنگ است. افزون بر این، هزینه‌ی تبدیل زغال‌سنگ (هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی) خیلی بیش‌تر از هزینه‌ی تبدیل نفت به مولکول‌های سازنده است. بنابراین، ساخت مولکول‌های سازنده از زغال‌سنگ پرهزینه‌تر از ساخت مولکول‌های سازنده از نفت خواهد بود. مگر آن‌که بهای نفت بیش‌تر از بهای کنونی آن باشد.

به هر حال در زمینه‌ی چگونگی استفاده از نفت برای سوزاندن و ساختن، با تصمیم‌گیری‌های دشواری روبه‌رو هستیم، اما شیمی همیشه راه‌هایی برای کمک به تصمیم‌گیری ما و تأمین نیازمندی‌های جامعه‌ی بشری ارایه کرده است. ضمن این که صرفه‌جویی در مصرف نفت، فرصت مناسبی برای یافتن و به بهره‌برداری رساندن جایگزین‌هایی برای نفت به عنوان ماده‌ای برای سوزاندن فراهم می‌کنند، اگر در مصرف نفت صرفه‌جویی کنیم هرگز ناگزیر نخواهیم شد روش زندگی خود را از بنیاد تغییر دهیم.

## شما چه تصمیمی می‌گیرید؟

نیاز روزافزون جامعه‌ی جهانی به انرژی، دانشمندان را بر آن داشته است که پیوسته در پی یافتن منابع تجدیدپذیر و حتی تجدیدناپذیر تازه‌ای بگردند تا به کمک آن بتوان این نیاز سیری‌ناپذیر بشری را تأمین کرد. در میان منابع گوناگونی که تاکنون شناخته شده است انرژی هسته‌ای جایگاهی متفاوت دارد. درحال حاضر این منبع تجدیدناپذیر انرژی تقریباً حدود یازده درصد از نیازهای جهان به انرژی را تأمین می‌کند و انتظار می‌رود که در سال‌های آینده بر این میزان نیز افزوده شود. به بیانی ساده انرژی هسته‌ای را می‌توان انرژی حاصل از شکافته شدن هسته‌ی اتم‌های اورانیم دانست و تولید آن را به پنج مرحله به شرح زیر خلاصه کرد:

*انرژی هسته‌ای حاصل از شکافت اورانیم یک انرژی تجدیدپذیر نیست. با بیرون کشیده شدن همه‌ی اورانیم درون زمین و استفاده از آن دیگر اورانیمی باقی نخواهد ماند.*

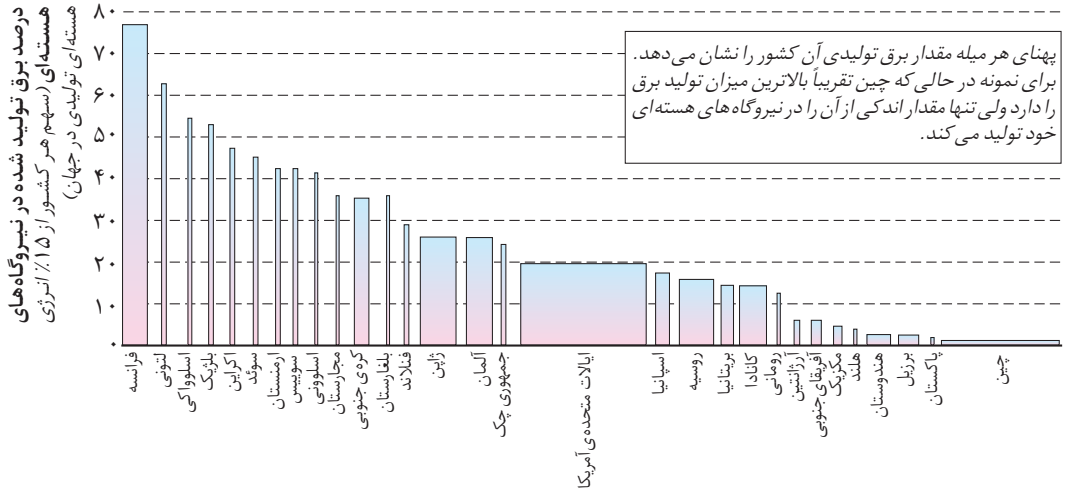



سوخت نیروگاه‌های هسته‌ای میله‌هایی است که از فلز اورانیم ساخته شده است. ویژگی برجسته‌ی انرژی هسته‌ای، تولید انرژی بسیار زیاد از مقدار اندکی سوخت است. سوختی که آلودگی رایج سوخت‌های فسیلی از جمله تولید گازهای گلخانه‌ای و ایجاد باران اسیدی را درپی ندارد. مقایسه‌ها نشان می‌دهد که مقدار انرژی حاصل از مصرف یک کیلوگرم اورانیم در نیروگاه‌های هسته‌ای را می‌توان از سوزاندن حدود یک تُن زغال‌سنگ به‌دست آورد. گفتنی است که از سوختن این مقدار زغال سنگ ده‌ها تُن گازهای سمی و گلخانه‌ای وارد هوا کره می‌شود.

*استفاده از عبارت تولید انرژی در این بحث یک غلط رایج است که با قانون پایستگی انرژی مغایرت دارد. توجه داشته باشید که انرژی هسته‌ای از شکافته شدن هسته‌ی اتم‌های اورانیم آزاد می‌شود.*

ساخت نیروگاه‌های هسته‌ای ایمن بسیار پرهزینه است ولی پس از راه‌اندازی، تولید انرژی از این طریق هزینه‌ی کمی در بر خواهد داشت. برآوردها نشان می‌دهد، اگر قیمت اورانیم دو برابر شود یعنی ۱۰۰ درصد افزایش پیدا کند قیمت انرژی هسته‌ای تولیدی تنها هفت درصد رشد خواهد داشت.

اگر چه پسماند نیروگاه‌های هسته‌ای اندک است ولی موادی بسیار سمی و خطرناک به‌شمار می‌آیند. ایجاد این پسماندها از جمله عیب‌های تولید انرژی از این طریق است. دفع این پسماندها به تخصص، مهارت و صرف هزینه‌ی زیاد نیاز دارد. عدم استفاده از سازه‌های مناسب برای طراحی و ساخت نیروگاه‌های اتمی و بی‌توجهی به آثار زیان‌بار پسماندهایی که برجای می‌گذارد می‌تواند به بروز یک بحران انسانی و محیط‌زیستی ملی و حتی بین‌المللی بینجامد. زلزله و سونامی سال ۲۰۱۱ در ژاپن و تخریب نیروگاه اتمی فوکوشیما تازه‌ترین بحرانی است که وقوع آن هزینه‌ی تولید ایمن انرژی هسته‌ای را برای هر کشوری بالا می‌برد. شکل ۱۰ میزان تولید انرژی هسته‌ای کشورهایی را نشان می‌دهد که به این فناوری مهم دست یافته‌اند. با دقت به نمودار یاد شده نگاه کنید. در میان کشورهای تولید کننده‌ی انرژی هسته‌ای کدام کشور بیش‌ترین و کدام‌یک کم‌ترین میزان تولید انرژی را دارد؟ جایگاه کشورمان در این نمودار کجاست؟ از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ تصور کنید شما یکی از سیاستمداران کشور هستید. حال با توجه به نیاز روز افزون کشور به انرژی و اطلاعاتی که در مورد برتری‌ها و کاستی‌های انرژی هسته‌ای به‌دست آوردید، درباره‌ی تولید و مصرف این انرژی چه تصمیمی می‌گیرید؟ تصمیم خود را در کلاس به بحث بگذارید.




**شکل ۱۰** مقایسه‌ی میزان تولید انرژی هسته‌ای کشورهای مختلف در سال ۲۰۰۷

*برخی رزم‌ناوها و زیردریایی‌های نظامی از انرژی هسته‌ای برای به حرکت درآوردن موتورهای خود بهره می‌گیرند.*

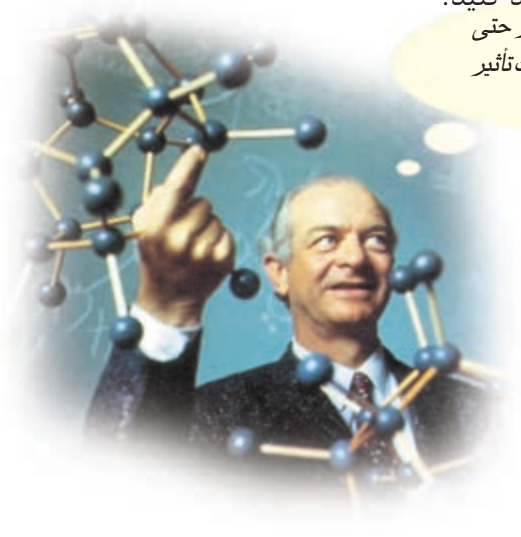
## شیمی و دانشگاه

تحقیق کنید که چه رشته‌هایی در دانشگاه به مطالعه‌ی فرایند تولید نفت از اکتشاف، حفاری، استخراج تا پالایش می‌پردازند؟ کدام دانشگاه‌ها این رشته‌ها را دارند؟ و فارغ‌التحصیلان این رشته‌ها در آینده در چه بخش‌هایی می‌توانند به کار مشغول شوند؟

## برخی بر این باورند که

لینوس کارل پولینگ(۱۹۹۴ـ ۱۹۰۱)، شیمیدان پر آوازه‌ی آمریکایی و برنده‌ی دو جایزه‌ی نوبل یکی در شیمی و دیگری در صلح ، بر این باور بود که:

*هرجنبه ازدنیای امروز حتی روابط بین‌المللی تحت تأثیر شیمی است.*



این دیدگاه را درکلاس نقد کنید.

## بیش تر بخوانید


۱ـ *مواد*، رضا شیرازی ، چاپ سوم ، ۱۳۷۵، انتشارات پیام آزادی.

۲ـ *شیمی روز* ، رضا شیرازی ، چاپ سوم ، ۱۳۷۵، انتشارات پیام آزادی.

۳ـ *طلای سیاه*، زهرا ارزانی، سیدمحمد اولایی، چاپ اول، ۱۳۸۱، انتشارات محراب قلم.

# واژه نامه

| | | | |
|---|---|---|---|
| **آب سخت** | hard water | ۳۶ | آبی که در آن به علت وجود ترکیب های حل شده ی کلسیم، منیزیم و آهن صابون به خوبی کف نمی کند. |
| **آلکان** | alkane | ۱۲۴ | نوعی از هیدروکربن های سیرشده که میل ترکیبی زیادی ندارند و به فراوانی در نفت خام یافت می شوند. |
| **آلکان راست زنجیر** | straight - chain alkane | ۱۲۴ | آلکان هایی که هر اتم کربن آن به یک یا دو اتم کربن دیگر متصل است. |
| **آلکان شاخه دار** | branched alkane | ۱۲۴ | آلکان هایی که در آن ها یک یا چند اتم کربن با سه یا چهار اتم کربن دیگر پیوند داشته باشد. |
| **آلکن** | alkene | ۱۳۲ | نوعی هیدروکربن سیر نشده که دو اتم کربن آن با دو پیوند کووالانسی به هم متصل شده اند. |
| **آلکین** | alkyne | ۱۳۲ | نوعی هیدروکربن سیر نشده که دو اتم کربن آن با سه پیوند کووالانسی به هم متصل شده اند. |
| **آنیون** | anion | ۱۹ | به یون هایی با بار الکتریکی منفی می گویند. |
| **اتم گرم** | gram - atom | ۸۷ | به جرم یک مول از اتم های یک عنصر برحسب گرم گفته می شود. |
| **اثر گلخانه ای** | greenhouse effect | ۶۷ | به جذب پرتوهای انرژی و باز تابش پرتوهای کم انرژی به وسیله ی مولکول های برخی گازهای موجود در هوا کره می گویند. |
| **الکترون** | electron | ۱۵ | ذره ی با بار الکتریکی منفی که پیرامون هسته ی اتم می چرخد. |
| **انحلال پذیری** | solubility | ۲۲ | بیش ترین مقدار ماده ای است که در یک دمای معین می تواند در ۱۰۰g آب حل شود. |
| **اکسایش** | oxidation | ۶۲ | واکنشی که در آن اکسیژن با یک عنصر ترکیب می شود. |
| **اکسید** | oxide | ۶۲ | به فراورده ی ترکیب اکسیژن با یک عنصر می گویند. |
| **باران اسیدی** | acid rain | ۷۷ | بارانی که با حل کردن گازهایی مانند گوگرد دی اکسید و اکسیدهای نیتروژن و ... موجود در هوا کره خاصیت اسیدی پیدا می کند. |
| **باز به کاربردن** | reuse | ۱۰۰ | استفاده ی دوباره یا چندباره از مواد یا وسایل |
| **بازگردانی** | recycling | ۱۰۰ | جمع آوری و نگاه داری مواد یا وسایل و بازفراوری آن ها |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **بازنگری کردن** | revise | ۹۹ | اصلاح پیوسته‌ی عادت‌های فردی و اجتماعی در استفاده از مواد یا وسایل |
| **باکتری هوازی** | aerobic bacteria | ۲۴ | باکتری که برای ادامه‌ی زندگی به اکسیژنِ هوا نیازمند است. |
| **بَسپار یا پلیمر** | polymer | ۱۳۴ | مولکول بزرگی که از به هم پیوستن ۱۰۰ تا چند هزار تک پار به‌وجود می‌آید. |
| **پالایش** | refine | ۱۱۸ | فرایندی که در آن اجزای نفت خام را از یک‌دیگر جدا می‌کنند. |
| **پروتون** | proton | ۱۵ | ذره‌ی با بار الکتریکی مثبت که در هسته‌ی اتم جای دارد. |
| **پیوند شیمیایی** | chemical bond | ۱۳ | نیروی جاذبه‌ای قوی است که اتم‌ها یا یون‌ها را در کنار یک‌دیگر نگاه می‌دارد. |
| **پیوند کووالانسی** | covalent bond | ۱۵ | نوعی پیوند شیمیایی است که اتم‌ها را به یک‌دیگر متصل می‌کند و مولکول‌ها را به وجود می‌آورد. |
| **پیوند یونی** | ionic bond | ۲۰ | نوعی پیوند شیمیایی که یون‌های ناهم نام را کنار یک‌دیگر نگاه می‌دارد. |
| **ترکیب** | compound | ۱۳ | ماده‌ای که یون‌ها یا مولکول‌های سازنده‌ی آن از واکنش دو یا چند عنصر با نسبت مشخص تشکیل شده باشد. |
| **تروپوسفر** | troposphere | ۴۹ | بخشی از هوا کره که در فاصله‌ی ۱۰ تا ۱۲ کیلومتری از سطح کره زمین قرار دارد . |
| **تک‌پار** | monomer | ۱۳۴ | مولکول ساده‌ای که از به‌هم پیوستن آن‌ها بَسپار (پلیمر) به وجود می‌آید. |
| **تقطیر جزء به جزء** | fractional distillation | ۱۱۸ | روشی برای جداسازی اجزای مخلوط چند مایعِ دارای نقطه‌ی جوش متفاوت است. |
| **جایگزینی** | replacement | ۱۰۶ | روشی برای افزایش عمر منابع تجدید ناپذیر از طریق یافتن یا ساختن موادی با ویژگی‌های مشابه منابع تجدیدناپذیر و به کارگیری آن‌ها در موارد مشابه است. |
| **جدول تناوبی** | periodictable | ۹۱ | آرایش عنصرهای شیمیایی به ترتیب افزایش عدد اتمی که در آن عنصرهای با خواص مشابه در یک ستون قرار گیرند و این تشابه در فواصل منظمی تکرار می‌شود. |
| **جرم مولی** | molar mass | ۸۷ | به جرم یک مول از مولکول‌ها یا اتم‌های یک ماده برحسب g/mol جرم مولی می‌گویند. |
| **زیست‌ْتخریب پذیر** | biodegradation | ۲۴ | موادی که در محیط زیست به کمک باکتری‌ها به مواد ساده‌تری تجزیه می‌شوند. |
| **زیست‌گاز** | biogas | ۹۸ | مخلوطی از گازهای متان و کربن دی‌اکسید که در اثر انجام فرایندهای زیست‌شیمیایی به کمک موجودات ذره‌بینی روی زباله‌ها ایجاد می‌شود. |
| **سختی دایم** | permanent hardness | ۳۷ | آبی که در آن مقدار زیادی یون‌های $Ca^{2+}$ ، $Mg^{2+}$ و $Fe^{2+}$ وجود داشته باشد. |
| **سختی موقت** | temporary hardness | ۳۶ | به سختی ناشی از وجود کلسیم هیدروژن کربنات محلول در آب می‌گویند. |
| **سوخت** | fuel | ۱۱۲ | ماده‌ای سوختنی است که تنها به منظور تأمین انرژی سوزانده می‌شود. |
| **سوخت فسیلی** | fossil fuel | ۱۱۳ | موادی مانند زغال سنگ، نفت خام و گاز طبیعی که طی میلیون‌ها سال از تجزیه اجساد و بقایای جانوران و گیاهان مدفون شده در زمین به وجود آمده‌اند و امروزه به عنوان منبع تأمین انرژی به کار می‌روند. |
| **سوختن** | combustion | ۶۲ | واکنش اکسایشی که سریع روی می‌دهد و با ایجاد شعله و آزادکردن مقدار زیادی گرما، صوت و نور همراه است. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **سوختن کامل** | complete combustion | ۱۲۶ | سوختن یک هیدروکربن در حضور اکسیژن کافی که تنها کربن دی‌اکسید و آب تولید می‌کند. |
| **سوختن ناقص** | incomplete combustion | ۱۲۶ | سوختن یک هیدروکربن در حضور مقدار کمی اکسیژن که افزون بر کربن دی‌اکسید و آب، مقدار زیادی کربن مونواکسید نیز تولید می‌کند. |
| **شبه فلز** | metalloid | ۹۰ | عنصری که برخی از خواص آن شبیه فلزها و برخی دیگر شبیه نافلزهاست. |
| **شیمی آلی** | organic chemistry | ۱۲۲ | شاخه‌ای از شیمی که به مطالعه‌ی ترکیب‌های آلی می‌پردازد و به آن شیمی ترکیب‌های کربن نیز گفته می‌شود. |
| **صفر مطلق** | absolute zero | ۵۷ | صفر کلوین، پایین ترین دمایی که رسیدن به آن غیر ممکن است. |
| **ظرفیت** | valence | ۱۶ | تعداد پیوندهایی که یک اتم می‌تواند با اتم‌های دیگر تشکیل دهد. |
| **ظرفیت گرمایی ویژه** | specific heat capacity | ۱۱ | مقدار گرمایی است که دمای ۱g از یک جسم را $1^{\circ}C$ افزایش می‌دهد. |
| **ضریب خطر** | risk factor | ۳۴ | به نسبت مقدار یون‌های موجود در آب به مقدار مجاز اعلام شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست می‌گویند. |
| **طلای سیاه** | black gold | ۱۱۷ | عنوانی است که به نفت خام نسبت می‌دهند و ارزش اقتصادی آن را یادآور می‌شود. |
| **طلای کثیف** | dirty gold | ۱۰۲ | عنوانی است که به زباله نسبت می‌دهند و ارزش اقتصادی آن را یادآور می‌شود. |
| **عدد اوکتان** | octane number | ۱۲۹ | مقیاسی برای سنجش کیفیت سوختن یا میزان بهسوزی بنزین است. |
| **عدد آووگادرو** | avogadro's number | ۸۶ | به عدد $۶/۰۲۲\times۱۰^{۲۳}$ عدد آووگادرو می‌گویند. |
| **عنصر** | element | ۱۳ | ماده‌ای که ذره‌های سازنده‌ی آن اتم یا مولکول‌هایی هستند که از یک نوع اتم ساخته شده‌اند. |
| **فراورده** | product | ۱۴ | ماده‌ای که در یک واکنش شیمیایی تشکیل می‌شود و در سمت راست معادله‌ی شیمیایی نوشته می‌شود. |
| **فرمول شیمیایی** | chemical formula | ۱۴ | شیوه‌ای برای نشان دادن نوع عنصرهای سازنده و تعداد اتم‌های یک ترکیب شیمیایی است. |
| **فشار استاندارد** | standard pressure | ۵۵ | به فشار هوا در سطح دریا که برابر ۷۶۰mmHg یا ۱atm است فشار استاندارد می‌گویند. |
| **فشار هوا** | air pressure | ۵۴ | فشاری که مولکول‌های گازهای سازنده‌ی هوا به سطحی با مساحت مشخص وارد می‌کنند. |
| **فشار هوای معمولی** | normal air pressure | ۵۵ | به میانگین فشار هوا در سطح دریا فشار هوای معمولی می‌گویند. |
| **فلز** | metal | ۸۸ | عنصری با جلای فلزی و خاصیت چکش‌خواری که نقطه‌ی ذوب و جوش بالایی دارد و جریان برق و گرما را از خود عبور می‌دهد. |
| **فلز سنگین** | heavy metal | ۳۳ | فلزی که اتم گرم بالایی دارد. |
| **فلزهای قلیایی** | alkali metals | ۹۱ | فلزهای گروه اول جدول تناوبی عنصرها شامل Li، Na، K، Rb، Cs و Fr. |
| **فوتوسنتز** | photosynthesis | ۲۴ | واکنشی که در آن گیاه از کربن دی‌اکسید، آب و نور خورشید در حضور کلروفیل، قند و اکسیژن می‌سازد. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **قانون بویل** | boyle's law | ۵۶ | در دمای ثابت، حجم یک نمونه‌ی معین گاز با فشار آن رابطه‌ی وارونه دارد. |
| **قانون پایستگی جرم** | the law of the conservation of mass | ۸۵ | در یک واکنش شیمیایی جرم نه به‌وجود می‌آید و نه از بین می‌رود. |
| **قانون شارل** | charles' law | ۵۷ | در فشار ثابت، حجم نمونه‌ی معین گاز با دمای مطلق آن رابطه‌ی مستقیم دارد. |
| **کاتالیزگر** | catalyst | ۱۲۹ | ماده‌ای که سرعت واکنش شیمیایی را افزایش می‌دهد اما خود در آن مصرف نمی‌شود. |
| **کاتیون** | cation | ۱۹ | به یون‌هایی با بار الکتریکی مثبت می‌گویند. |
| **کاتیون سنگین** | heavy cation | ۳۳ | کاتیونی که اتم سازنده‌ی آن اتم گرم بالایی دارد. |
| **کاهش دادن** | reduce | ۱۰۰ | کم کردن میزان مصرف به منظور جلوگیری از ایجاد زباله |
| **کراکینگ** | cracking | ۱۲۸ | فرایندی که در آن مولکول‌های بزرگ‌تر به مولکول‌های کوچک‌تری تبدیل می‌شوند. |
| **کلروفلوئوروکربن** | chlorofluorocarbon | ۷۱ | دسته‌ای از ترکیب‌های شیمیایی که با علامت اختصاری CFC نشان داده می‌شوند و به عنوان پیشران در افشانه‌ها یا گاز سرمازا در یخچال‌ها و کولرهای گازی استفاده می‌شود. |
| **کلوییید** | colloid | ۳۹ | نوعی مخلوط است که اندازه‌ی ذره‌های آن $10^{-9}$ تا $10^{-7}$ متر است. این ذره‌ها بار الکتریکی دارند و ته‌نشین نمی‌شوند. |
| **گاز ایده‌آل** | ideal gas | ۵۸ | به گازهایی گفته می‌شود که رفتار آن‌ها با توجه به نظریه‌ی جنبش مولکولی گازها قابل پیش‌بینی باشد. |
| **گازهای گلخانه‌ای** | greenhouse gases | ۶۷ | گازهایی مانند کربن دی‌اکسید، بخار آب و متان که از طریق اثر گلخانه‌ای باعث گرم شدن زمین می‌شوند. |
| **گازهای نادر یا نجیب** | noble gases یا rare gases | ۶۱ | به عنصرهای گروه هجدهم (ستون هجدهم از جدول تناوبی عنصرها) جدول تناوبی شامل گازهای He، Ne، Ar، Kr، Xe و Rn می‌گویند. |
| **لایه‌ی اوزون** | ozone layer | ۷۰ | پوششی در اطراف زمین که از گاز اوزون تشکیل شده و زمین را در برابر تابش پرانرژی و خطرناک فرابنفش محافظت می‌کند. |
| **مانومتر** | manometer | ۵۶ | فشارسنجی که فشار گاز درون حباب شیشه‌ای را نشان می‌دهد. |
| **محلول فراسیر شده** | supersaturated solution | ۲۲ | محلولی که مقدار حل شونده در آن بیش‌تر از مقداری است که قابلیت انحلال‌پذیری حل‌شونده در یک دمای معین مشخص می‌شود. |
| **معادله‌ی شیمیایی** | chemical equation | ۱۴ | نمایش یک واکنش شیمیایی به کمک نماد شیمیایی عنصرها که در آن واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها و نسبت مولی آن‌ها مشخص می‌شود. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **معادله‌ی موازنه شده** | balanced equation | ۱۴ | معادله‌ای که در آن تعداد اتم های هر عنصر در دو طرف معادله برابر باشد. |
| **منبع تجدید پذیر** | renewable resource | ۶۰ | منابعی که از طریق فرایندهای طبیعی تشکیل یا از نو تولید می شوند. |
| **منبع تجدید ناپذیر** | nonrenewable resources | ۸۲ | منابعی که تشکیل و جایگزین شدن آن ها از طریق فرایندهای طبیعی عملی نیست یا سرعت آن ها بسیار کم است. |
| **منحنی انحلال پذیری** | solubility curve | ۲۲ | نموداری که بستگی انحلال‌پذیری یک ماده به دما را نشان می دهد. |
| **مول** | mole | ۸۶ | یکای SI مقدار ماده است که با نماد mol نشان داده می شود. |
| **مولکول** | molecule | ۱۳ | ساده‌ترین واحد سازنده‌ی یک ماده است که برخی از ویژگی های آن را حفظ می کند. |
| **مولکول گرم** | gram - molecule | ۸۷ | به جرم یک مول از مولکول های یک ماده برحسب گرم می گویند. |
| **مه دود فوتوشیمیایی** | photochemical smog | ۷۶ | آلودگی ناشی از تابش نور خورشید بر اکسیدهای نیتروژن که به تولید اوزون در تروپوسفر می انجامد. |
| **نافلز** | nonmetal | ۸۸ | عنصری که خواص فلزها را ندارد. |
| **نرم کردن** | softening | ۳۶ | به فرایند زدودن یون های $Ca^{2+}$ ، $Mg^{2+}$ و $Fe^{2+}$ از آب سخت گفته می شود. |
| **نظریه‌ی جنبش مولکولی گازها** | kinetic molecular theory of gases | ۵۹ | نظریه‌ای است که رفتار گازها را با توجه به رفتار ذره‌های سازنده‌ی آن شرح می دهد. |
| **نفت خام** | petroleum | ۱۱۷ | مایعی قهوه‌ای مایل به سیاه که مخلوطی طبیعی از صدها هیدروکربن و ترکیب های آلی دیگر است. |
| **نماد شیمیایی** | chemical symbol | ۱۳ | نمادی یک یا دو حرفی که برای نمایش عنصرها به کار می رود. |
| **نوترون** | neutron | ۱۵ | ذره‌ای خنثی که در هسته اتم جا دارد. |
| **واکنش پذیری شیمیایی** | chemical reactivity | ۹۲ | به تمایل برای انجام واکنش شیمیایی می گویند. |
| **واکنش دهنده** | reactant | ۱۴ | ماده‌ی شرکت کننده در واکنش را که در سمت چپ معادله‌ی شیمیایی می نویسند. |
| **واکنش شیمیایی** | chemical reaction | ۱۴ | تأثیر دو یا چند ماده بر یک‌دیگر که به یک تغییر شیمیایی بینجامد. |
| **هم‌پار** | isomer | ۱۲۵ | مولکول هایی که فرمول مولکولی یکسان دارند، اما آرایش اتم ها در آن ها متفاوت است و فرمول ساختاری متفاوتی دارند. |
| **هیدروکربن** | hydrocarbon | ۱۱۸ | ترکیب هایی که از دو عنصر کربن و هیدروژن تشکیل شده‌اند. |
| **هیدروکربن (سیر شده)** | saturated hydrocarbon | ۱۲۴ | هیدروکربنی که در آن اتم کربن با چهار پیوند کووالانسی به چهار اتم دیگر متصل شده است. |
| **هیدروکربن (سیرنشده)** | unsaturated hydrocarbon | ۱۳۲ | هیدروکربنی که در آن بین اتم های کربن به جای یک پیوند دو یا سه پیوند کووالانسی وجود دارد. |

اکنون زمان آن رسیده است که برداشت خود را از شیمی به طور خلاصه بیان کنید و تأثیر آموخته‌های خود را بر زندگی شرح دهید.