۵ــ۳ انرژی زیست‌توده[۱]

مواد آلی که از گیاهان، حیوانات و انسان به اَشکال گوناگون حاصل می‌شود، «زیست توده» نام دارد. این مواد انرژی خورشید را در خود ذخیره دارند. به این ترتیب که گیاهان از طریق فرآیند فتوسنتز انرژی تابشی خورشید را به هیدرات‌های کربن[۲] که موادی با انرژی شیمیایی قابل توجه‌اند، تبدیل می‌کنند :

اکسیژن + هیدرات‌های کربن (گلوکز) ⟶ نور خورشید + دی‌اکسیدکربن + آب

$$۶H_۲O + ۶CO_۲ + \text{انرژی تابشی} \longrightarrow C_۶H_{۱۲}O_۶ + ۶O_۲$$

حیوانات از گیاهان و انسان از گیاهان و حیوانات تغذیه می‌نمایند و این مواد پرانرژی را جذب می‌کنند. بنابراین جنگل‌ها، ضایعات صنایع چوب و کاغذ، محصولات کشاورزی، ضایعات کشاورزی، مدفوع انسان‌ها و حیوانات (فاضلاب‌ها) و زباله‌های شهری، که حاوی مقادیر زیادی هیدرات‌های کربن‌اند و از منابع تجدیدپذیر انرژی محسوب می‌شوند، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

استفاده از انرژی زیست‌توده با کشف آتش آغاز شد و استفاده از انرژی حاصل از سوختن چوب، بعد از انرژی خورشیدی، قدیمی‌ترین منبع تأمین انرژی بشر شناخته شده است. باید توجه داشت که در بحث کاربرد انرژی زیست‌توده، به‌خصوص در کشور ما، استفاده از «ضایعات» گیاهی، حیوانی و انسانی مطرح است و استفاده از جنگل‌ها و محصولات کشاورزی، به دلیل محدودیت زمین‌های حاصل‌خیز، کم‌تر مورد توجه است.

فناوری‌های متداول جهت استفاده از انواع انرژی‌های زیست‌توده به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند :

۱ــ سوزاندن زیست‌توده و استفادهٔ مستقیم از حرارت حاصل، جهت گرم کردن منازل، اماکن عمومی، پخت و پز ؛

۲ــ سوزاندن زیست‌توده در نیروگاه‌ها و تولید انرژی الکتریکی ؛

۳ــ تبدیل زیست‌توده به سوخت‌هایی شناخته شده، نظیر بیوگاز[۳] (متان)، بیودیزل[۴] (جایگزین گازوئیل) و اتانول.

حال به تشریح انواع منابع زیست‌توده و نحوهٔ کاربرد آن‌ها می‌پردازیم.

۱ــ Biomass Energy ۲ــ Carbohydrates ۳ــ Biogas ۴ــ Biodiesel

ضایعات صنایع چوب و کشاورزی: در صنایع چوب و کاغذ ضایعات فراوانی نظیر شاخ و برگ و پوست درختان، ضایعات و براده‌های ارّه، تراشه‌های رنده و کُنده‌های غیرقابل استفاده به میزان قابل توجه تولید می‌شود. امروزه در کارخانجات بزرگ چوب و کاغذ، یک نیروگاه کوچک جهت تولید برق مورد نیاز کارخانه وجود دارد که نیمی از سوخت خود را از ضایعات کارخانه تأمین می‌کند. در این نیروگاه از زیست‌توده به منظور سوخت جهت تولید بخار آب با فشار بالا استفاده می‌شود. این بخار را از روی پره‌های توربین عبور می‌دهند و آن را به حرکت درمی‌آورند. حرکت دورانی توربین توسط یک ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

ضایعات کشاورزی نظیر پوست و ساقهٔ ذرت، شلتوک برنج، ساقهٔ گندم و غلات نیز می‌توانند به عنوان یک منبع انرژی مورد استفاده قرار گیرند. در مواردی که این ضایعات به اندازهٔ کافی نباشند تا در یک نیروگاه جهت تولید الکتریسیته مورد استفاده قرار گیرند. در این صورت منبعی برای تغذیهٔ دام‌ها یا سوخت برای گرم کردن منازل روستاها محسوب می‌شوند.

زباله‌های شهری: سوزاندن زباله‌های شهری، به‌خصوص در مناطقی که فضای کافی برای دفن آن‌ها وجود ندارد، از گذشته مرسوم بوده است. امروزه زباله‌ها، مواد لاستیکی، پلاستیکی، نایلون‌ها و هر آن‌چه را که منشأ نفتی دارد از زباله‌ها جدا می‌کنند و آن‌چه را که منشأ گیاهی دارد (زیست‌توده) می‌سوزانند و از حرارت آن برق تولید می‌کنند. یک تن زباله می‌تواند معادل ۲۵۰ کیلوگرم زغال‌سنگ برق تولید کند.

در مناطقی که زمین کافی برای دفن زباله‌های شهری وجود دارد، زیست‌توده براثر فعالیت باکتری‌ها در زیر خاک تجزیه می‌شود و گازی تولید می‌کند که به آن «بیوگاز» یا «زیست‌گاز» می‌گویند. این همان گاز متان[1] است که در فصل صنایع نفت با آن آشنا شدید.

این گاز، علاوه بر آن‌که خطر انفجار دارد، اثر گل‌خانه‌ای آن به مراتب شدیدتر از گاز دی‌اکسیدکربن است. به همین دلیل، اگر حجم بیوگاز تولید شده قابل ملاحظه باشد، به‌گونه‌ای که جمع‌آوری و انتقال آن به شهر (که نباید خیلی دور از محل دفن زباله باشد) صرفهٔ اقتصادی داشته باشد، این زباله‌ها منبع تجدیدپذیر و قابل اعتماد برای تأمین انرژی ما خواهند بود. اگر به هر دلیل امکان انتقال بیوگاز نباشد، حتماً باید آن را سوزاند و به گاز CO_2 تبدیل کرد. زیرا خطر متان برای

۱ــ یادآوری می‌شود که متان با فرمول CH_4، جزء اصلی گاز طبیعی است که به صورت گسترده در کشور ما مصرف می‌شود. وقتی این گاز از منابع زیست‌توده به‌دست آید به آن «بیوگاز» گویند.

محیط زیست و ایجاد آلودگی هوا، بسیار بیش‌تر از گاز دی‌اکسیدکربن است.

زیست‌سوخت‌ها[1]: زیست‌سوخت‌ها به دو دستهٔ گاز و مایع تقسیم می‌شوند. زیست‌سوخت گازی همان بیوگاز (زیست‌گاز) است که با آن آشنا شدید. تولید بیوگاز از فاضلاب‌ها و فضولات انسانی و حیوانی به‌خصوص در روستاها و مناطق دورافتاده متداول است. روش کار بسیار ساده است، کافی است مخزنی به کمک آجر یا فلز در زیرزمین تعبیه شود و مدفوع انسان یا حیوان در آن جمع‌آوری شود. این مخزن زیرزمینی کاملاً درزگیری می‌شود و هیچ‌گونه راه نفوذ هوا ندارد.

با فعالیت باکتری‌ها و تجزیه شدن زیست تودهٔ داخل مخزن، گاز متان (بیوگاز) تولید می‌شود. بیوگاز تولیدشده از طریق لوله‌کشی به منازل می‌رسد و جهت گرم کردن منازل و پخت‌وپز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مواردی حتی این مخازن در حیاط یک خانهٔ روستایی تعبیه می‌شود و هر خانه بیوگاز مورد نیاز خود را از تجزیهٔ فاضلاب خود تهیه می‌کند. این روش در روستاهای کشور به سادگی قابل اجراست و می‌تواند منبع قابل اطمینانی برای تأمین انرژی روستاها باشد.

دستهٔ دوم زیست سوخت‌ها مایع‌اند و دو نوع اصلی و پرمصرف آن‌ها اتانول[2] (از خانوادهٔ الکل‌ها) و بیودیزل[3] (سوخت جای‌گزین گازوئیل در موتورهای دیزل) نام دارند. گفتنی است ایدهٔ استفاده از زیست سوخت‌ها، ایدهٔ جدیدی نیست. آقای رادولف دیزل[4]، که مخترع موتورهای دیزلی است، اولین بار از روغن‌های مایع گیاهی به منظور سوخت استفاده کرد. در سال ۱۹۰۰ میلادی در نمایشگاه جهانی پاریس، او موتور دیزل خود را که با سوخت «روغن بادام» کار می‌کرد به نمایش گذاشت. در این نمایشگاه هنری فورد[5] موتوری به نام «مدل T» را به نمایش گذاشت که از اتانول برای سوخت استفاده می‌کرد. با ورود نفت و مشتقات آن به عرصهٔ انرژی جهان، این سوخت فسیلی فراوان و ارزان جای همهٔ انواع زیست‌سوخت‌ها را گرفت. با توجه به محدودیت سوخت‌های فسیلی و گران شدن آن و به‌خصوص موضوع آلودگی هوا، امروزه زیست سوخت‌ها مجدداً مورد توجه قرار گرفته‌اند.

روغن‌های گیاهی چه به‌صورت مصرف‌شده و چه به‌صورت تازه مادهٔ اولیهٔ تولید بیودیزل‌اند. روغن آفتاب‌گردان، سویا، بادام، ذرت و ... برای پخت و پز مورد استفاده قرار می‌گیرند. روغن‌های مصرف‌شده در آشپزخانهٔ منازل و رستوران‌ها، بعد از انجام یک سری عملیات فیزیکی و شیمیایی

---

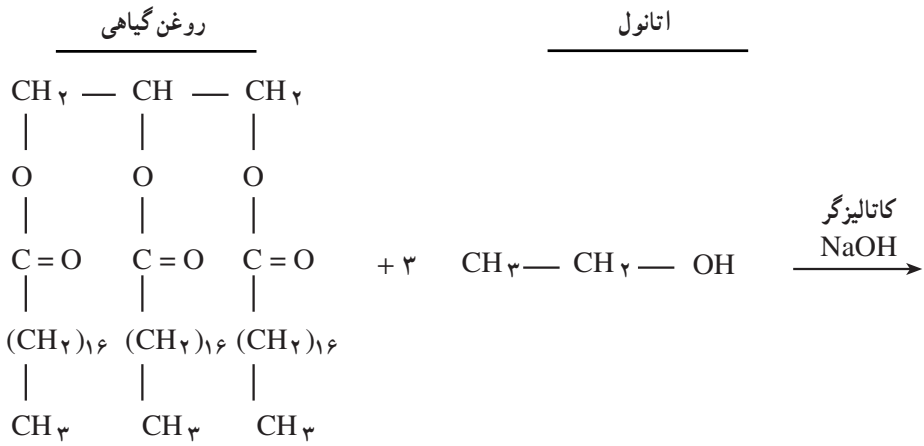
۱ ــ Biofuels
۲ ــ Ethanol (C_2H_5OH)
۳ ــ Biodiesel
۴ ــ Rudolf Diesel
۵ ــ Henry Ford

نسبتاً ساده، به بیودیزل تبدیل می‌شوند. اگر از این روغن‌ها مستقیماً در موتورهای دیزل امروزی استفاده کنیم، موجب آسیب موتور خواهند شد.

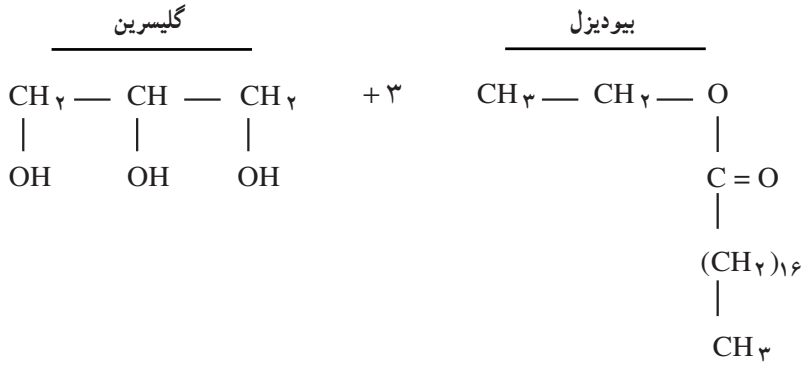
استفاده از بیودیزل به صورت مخلوط با گازوئیل یا به تنهایی، از سایش میان اجزای موتور می‌کاهد و از نظر قابلیت اشتعال از گازوئیل ایمن‌تر است. البته چون بیودیزل در دمای بالاتری نسبت به گازوئیل آتش می‌گیرد، ترکیبات NO_x بیش‌تری نسبت به گازوئیل تولید می‌کند. علاوه بر آن، بیودیزل به دلیل خاصیت حلّالیت بالایی که دارد موجب صدمه زدن به قطعات لاستیکی سیستم سوخت‌رسانی می‌شود و موتورهایی که از این سوخت استفاده می‌کنند باید سیستم سوخت‌رسانی آن‌ها اصلاح شود.

شکل ۲۰ــ۳ بیودیزل

روغن‌های گیاهی و حیوانی ترکیباتی هستند با فرمول ساختاری زیر :



اگر بر روی ترکیب فوق یکی از الکل‌ها مثلاً متانول (CH_3OH) یا اتانول (C_2H_5OH)[۱] بریزیم، در حضور کاتالیزگر NaOH یا KOH، استر بلند زنجیری به‌دست می‌آید که همان بیودیزل است. محصول جانبی این واکنش نیز گلیسرین[۲] است، که مادهٔ باارزشی است.



۱ــ چون متانول ماده‌ای بسیار سمی و خطرناک است، در کارگاه‌های کوچک تولید بیودیزل از اتانول استفاده می‌کنند.

۲ــ Glycerin

اتانول یکی دیگر از زیست‌سوخت‌هاست که محمدبن زکریای رازی آن را کشف کرد. اتانول از تخمیر قند موجود در محصولات کشاورزی نظیر انگور، خرما، سیب، ذرت و... به‌دست می‌آید. امروزه صنایع بزرگ تولید اتانول از تفاله‌های چغندر، ذرت و نظایر آن‌ها استفاده می‌کنند.

برزیل کشوری است که در استفاده از اتانول به‌منظور سوخت خودروها در جهان دارای رتبهٔ اول است حدود $\frac{۱}{۳}$ سوخت مصرفی خودروها در برزیل از اتانول تأمین می‌شود و بقیهٔ آن بنزین است. در برزیل خودروهایی طراحی شده است که فقط با اتانول کار می‌کنند. هم‌چنین، در تمامی خودروها بین ۱۰ تا ۲۰ درصد اتانول با بنزین مخلوط شده است. در موتور این نوع خودروها تغییراتی جزئی داده‌اند تا بتواند با مخلوط بنزین و اتانول کار کند. یادآوری می‌شود که برزیل از تولیدکنندگان و صادرکنندگان اصلی اتانول در جهان است.

حال که با انرژی زیست‌توده و انواع آن آشنا شدید، شاید این سؤال به ذهن شما آمده باشد که چرا به انرژی زیست‌توده «انرژی پاک» می‌گویند؟ مگر نه آن که با سوزاندن هریک از انواع آن کم و بیش مقادیری $CO_۲$ تولید می‌شود؟ شکل ۲۱ــ۳ به این سؤال جواب می‌دهد. انواع زیست‌توده منشأ گیاهی دارد و گیاه به هنگام رشد و نمو به اندازهٔ کافی $CO_۲$ از جوّ زمین جذب کرده است. بنابراین، به هنگام سوزاندن آن و تولید دی‌اکسیدکربن، در مقدار کل $CO_۲$ جهان تأثیر نمی‌گذارد.

شکل ۲۱ــ۳ چرخهٔ تولید و مصرف $CO_۲$ در استفاده از انرژی زیست‌توده

معایب زیست‌توده: یکی از عمده مشکلات انرژی زیست‌توده (هنگامی که از محصولات کشاورزی استفاده می‌شود) محدودیت زمین‌های حاصل‌خیز و پرآب در جهان است که موجب

کمبود مواد غذایی در جهان شده و بسیاری از مردم کرهٔ خاکی را با بحران تغذیه روبه‌رو کرده است. استفاده از ضایعات کشاورزی، انسانی و حیوانی نیز با مشکل جمع‌آوری و تفکیک روبه‌روست که در بسیاری از موارد هزینه‌های آن، استفاده از انرژی زیست‌توده را از نظر اقتصادی زیرسؤال می‌برد.

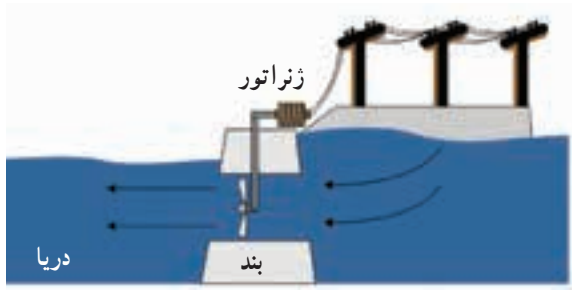
۶ــ۳ انرژی آب

استفادهٔ مستقیم از انرژی جریان آب جویبارها و رودخانه‌ها در به گردش درآوردن آسیاب‌های آبی از دیرباز متداول بوده است. امروزه با ایجاد سد، از انرژی پتانسیل آب ذخیره شده در پشت سد برای تولید الکتریسیته استفاده می‌کنند. با بازکردن دریچه‌های سد، آب با فشار کنترل شده جریان می‌یابد و پره‌های توربین را به حرکت درمی‌آورد. ژنراتور این حرکت چرخشی را به الکتریسیته تبدیل می‌کند. تولید برق از آب، با این روش، یکی از پاک‌ترین انواع تولید انرژی است که در کشور ما نیز از آن استفاده می‌شود و علاوه بر تأمین آب موردنیاز شهری و کشاورزی از جاری شدن سیل در سال‌های پربارش جلوگیری می‌کند.

استفاده از انرژی جزر و مد دریاها در تولید برق روش دیگری برای استفاده از انرژی آب است. جزر و مد به دلیل تأثیر جاذبهٔ ماه و خورشید و گردش دَوَرانی زمین به‌وجود می‌آید و حجم زیادی آب جابه‌جا می‌شود. در دنیا ۲۰ منطقه، که تغییرات سطح آب آن‌ها بیش از ۷متر است شناسایی شده است. در این مناطق تولید انرژی الکتریکی از جزر و مد، اقتصادی است. در حال حاضر دو نیروگاه بزرگ که از انرژی جزر و مد استفاده می‌کنند، یکی در فرانسه (۲۴۰ مگاوات) و دیگری در کانادا (۱۶مگاوات) در حال کار است.

شکل ۲۲ــ۳ روش تولید برق از انرژی جزر و مد را نشان می‌دهد. ابتدا باید سد یا بَند بزرگی در منطقهٔ نسبتاً وسیعی از دریا ساخته شود و مجاری متعددی مجهز به دریچه که باز و بسته شدن آن‌ها قابل کنترل است، جهت ارتباط آب پشت بند و آب دریا، تعبیه شود. در دهانهٔ این مجاری توربین‌ها نصب می‌شوند. با بالارفتن آب دریا به هنگام مد، آب از سمت دریا به پشت بند جریان می‌یابد و پره‌های توربین را به چرخش درمی‌آورد و برق تولید می‌شود. به هنگام جزر و پایین رفتن آب دریا، جهت جریان آب در مجاری عکس می‌شوند و توربین‌ها، که به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که در هر دو جهت عمل کنند، به کمک ژنراتور برق تولید می‌کنند.

ورود آب به پشت بند به هنگام مد



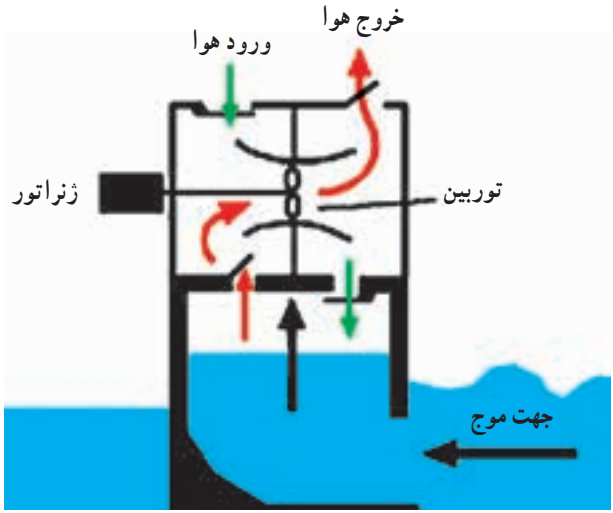
خروج آب از پشت بند به هنگام جزر

شکل ۲۲ــ۳ چگونگی تولید برق از جزر و مد دریاها

از امواج دریا نیز می‌توان برق تولید کرد. شکل ۲۳ــ۳ نشان می‌دهد که با رسیدن موج به محفظهٔ ساخته شده در دریا، هوای داخل محفظه از مسیری که با پیکان‌های قرمز نشان داده شده است خارج می‌گردد. حرکت هوا باعث چرخش پره‌های توربین و تغذیهٔ ژنراتور و تولید برق می‌گردد. بعد از عبور موج، سطح آب در محفظه پایین می‌آید و بر اثر خلأ ایجاد شده در محفظه، هوا از مسیری که با پیکان‌های سبز نشان داده شده است، داخل می‌شود و مجدداً پره‌های توربین را به‌حرکت درمی‌آورد. توجه داشته باشید که دریچه‌های تعبیه شده در هر دو مسیر یک طرفه‌اند و به هنگام ایجاد خلأ هوا از دریچهٔ مسیر قرمز وارد نمی‌شود و این دریچه بسته می‌ماند. با حرکت توربین ژنراتور متصل به آن برق تولید می‌کند.

مشکلات استفاده از انرژی آب: تولید برق آبی از پاک‌ترین و مطلوب‌ترین انواع کاربردهای انرژی‌های تجدیدپذیر است. اما قبل از ساختن سد بر روی رودخانه‌ها یا احداث بند جهت استفاده از انرژی جزر و مد دریاها، باید بررسی‌های دقیق زیست محیطی انجام شود و اثرات احتمالی احداث این سازه‌های عظیم بر روی انسان‌ها، حیوانات، گیاهان و تغییراتی که در هوای منطقه ایجاد می‌کند،

مطالعه گردد. هم‌چنین هزینهٔ ساخت سد برروی رودخانه‌ها نسبتاً زیاد است. در عین حال هزینهٔ ساخت بند برای استفاده از انرژی جزر و مد بیش‌تر است. ضمناً به‌کارگیری سازه‌ها و تجهیزات در آب شور دریا به استفاده از آلیاژهای مقاوم و گران‌قیمت در برابر خوردگی نیاز دارد، که هزینه‌های استفاده از انرژی جزر و مد را افزایش می‌دهد.



شکل ۲۳ــ۳ با عبور موج از محفظهٔ نصب شده در دریا، هوا جریان می‌یابد و پره‌های توربین را به حرکت درمی‌آورد.

۷ــ۳ انرژی‌های نو

انواع انرژی‌هایی که تاکنون در این فصل بررسی کردیم، «انرژی‌های تجدیدپذیر» نام دارند. بعضی صاحب‌نظران به این انرژی‌ها نام دومی نیز می‌دهند و آن‌ها را «انرژی‌های نو» می‌نامند. این عده معتقدند با وجود آن که بشر از دیرباز به شکل ابتدایی و ساده از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده کرده است، اما با پیشرفت علم و فناوری، استفادهٔ **گسترده** و **مؤثر** با **بازدهی بالا** از این انرژی‌ها در سال‌های اخیر آغاز شده و از این منظر کلمهٔ «نو» را می‌توان برای آن‌ها به‌کار برد. جا دارد با دو منبع دیگر انرژی، که استفادهٔ از آن‌ها در گذشته سابقه ندارد و عنوان انرژی‌های نو یقیناً برازندهٔ آن‌هاست، آشنا شوید.

هیدروژن: اگر با استفاده از انرژی خورشید برق تولید کنند و از آن در تجزیهٔ الکتریکی آب استفاده شود و هیدروژن تولید گردد، در این صورت هیدروژن را می‌توان به گروه سوخت‌های تجدیدپذیر اضافه کرد. هیدروژن سوختی است که قابل ذخیره‌سازی و حمل است، در صورتی که ذخیره‌سازی برق بسیار مشکل و محدود است. البته این روش تولید هیدروژن گران‌قیمت است و

امروزه عمدهٔ هیدروژن مورد نیاز، که یک مادهٔ شیمیایی مورد استفاده در صنایع یا برای سوخت است، از تبدیل[1] هیدروکربن‌ها به‌خصوص گاز طبیعی (CH_4) تهیه می‌شود. در این تبدیل مقادیر زیادی گاز CO_2 تولید می‌شود و می‌دانیم منابع فسیلی، از جمله گاز طبیعی محدود و پایان‌پذیرند.

هیدروژن به هنگام سوختن بسیار پاک می‌سوزد زیرا حاصل ترکیب هیدروژن و اکسیژن آب است که به صورت بخار آب از اگزوز خودروهایی که با این سوخت کار می‌کنند خارج می‌شود. امروزه تعداد زیادی خودرو در سراسر جهان، به‌خصوص ژاپن، با این سوخت کار می‌کنند. در ژاپن جایگاه‌های تحویل سوخت هیدروژن ساخته‌اند و به خودروهایی که به «پیل سوختی» و موتور الکتریکی مجهزند، سوخت‌رسانی می‌کنند.

پیل سوختی دستگاهی است که واکنش سوختن هیدروژن در آن به صورت دو نیم‌واکنش انجام می‌شود :

$$H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$$ قطب منفی پیل الکترون می‌دهد

$$\frac{1}{2}O_2 + 2e^- \longrightarrow O^{-2}$$ قطب مثبت پیل الکترون می‌گیرد

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$$ واکنش کلی پیل

انتقال الکترون‌ها از قطب منفی به قطب مثبت، جریان الکترون‌ها یا به عبارتی جریان الکتریسیته را پدید می‌آورد، به‌طوری که می‌تواند یک موتور الکتریکی را به حرکت درآورد. این خودروها کاملاً بدون صدا و لرزش کار می‌کنند. ضمناً پیل‌های سوختی بازده بالایی (حدود ۹۰درصد) دارند ؛ یعنی ۹۰درصد انرژی شیمیایی حاصل از سوختن هیدروژن را به جریان الکتریسیته تبدیل می‌کنند. تعدادی از خودروهایی که با سوخت هیدروژن کار می‌کنند از موتورهای چهارزمانهٔ درون‌سوز استفاده می‌کنند. البته بازده این‌گونه موتورها حدود ۴۰درصد است و در مقایسه با پیل‌سوختی و موتور الکتریکی جذابیت کم‌تری دارند.

انرژی هسته‌ای: انرژی هسته‌ای عبارت است از شکافت[2] یا هم‌جوشی[3] هستهٔ اتم یا اتم‌ها که در طی آن مقداری از مادّه به انرژی تبدیل می‌شود. تبدیل ماده به انرژی طبق فرمول اینشتین به قرار

۱ــ گاز طبیعی به کمک بخار آب به هیدروژن و CO_2 «تبدیل» می‌شود که به آن Steam Reforming گویند.

۲ــ Fission ۳ــ Fusion

زیر است :

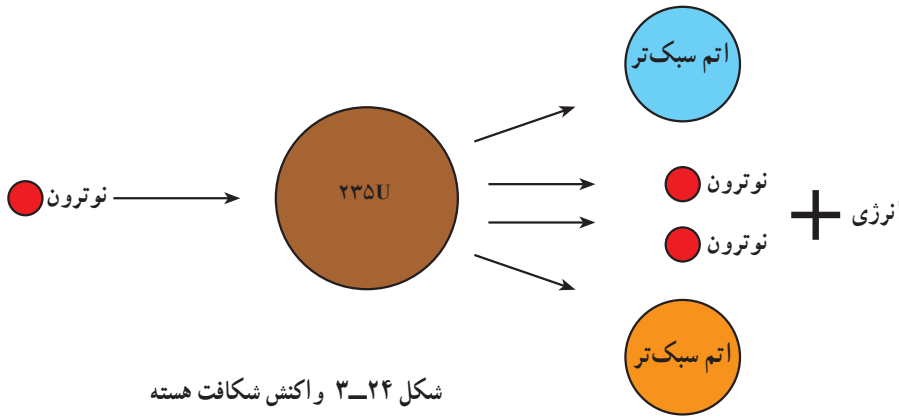
$E = mC^2$

m = جرم از بین رفته که به انرژی تبدیل می‌شود

C = سرعت نور در خلأ (عدد ثابت)

E = انرژی تولید شده

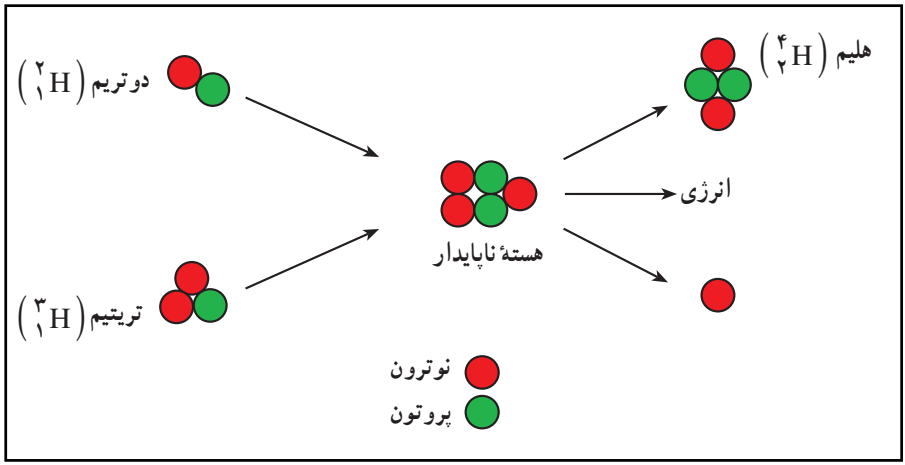
در فرآیند شکافت، یک هستهٔ ناپایدار سنگین مثل اورانیم ۲۳۵ (^{235}U) براثر برخورد یک نوترون با آن، به اتم‌های سبک‌تر تبدیل و تعداد بیش‌تری نوترون تولید می‌شود. این نوترون‌ها نیز به اتم‌های دیگر اورانیم ۲۳۵ برخورد می‌کنند و این فرآیند زنجیروار ادامه می‌یابد. بر اثر شکافت هسته‌ای، مقدار قابل توجهی انرژی پدید می‌آید (شکل ۲۴ــ۳).



شکل ۲۴ــ۳ واکنش شکافت هسته

نوع دیگر واکنش هسته‌ای، هم‌جوشی نامیده می‌شود. در این واکنش دو هستهٔ کوچک‌تر به هم می‌پیوندند و هستهٔ بزرگ‌تری را پدید می‌آورند و در این میان انرژی زیادی تولید می‌شود. انرژی خورشید ناشی از این نوع واکنش هسته‌ای است (شکل ۲۵ــ۳).

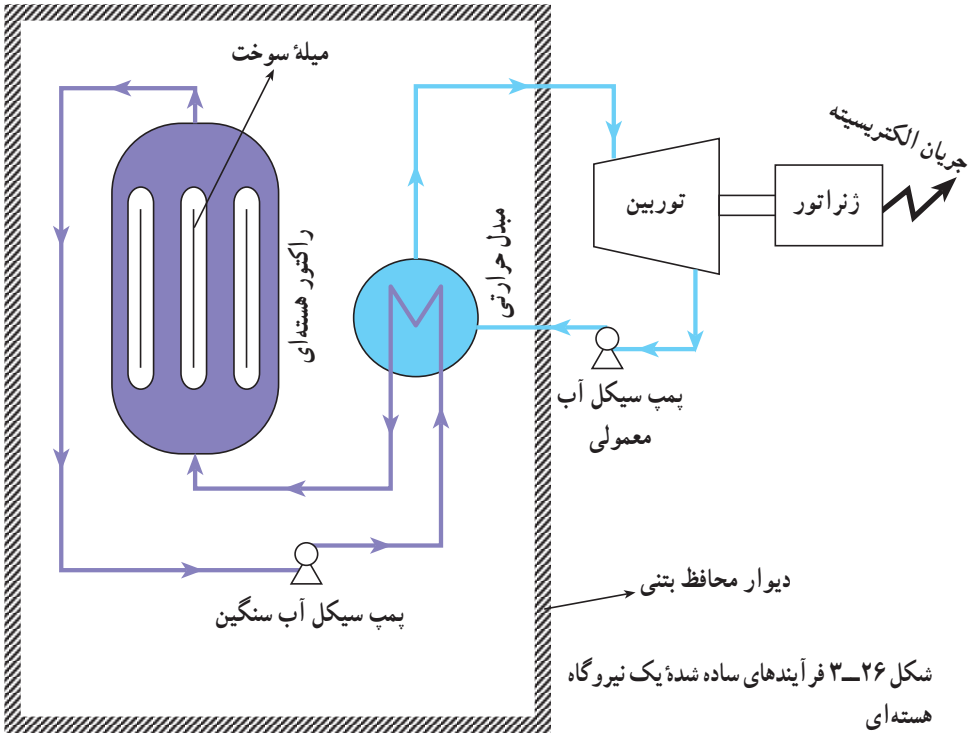
اتم هیدروژن یک پروتون در هسته و یک الکترون در اطراف هسته دارد و نوترون ندارد. یکی از ایزوتوپ‌های عنصر هیدروژن دوتریم است که علاوه بر یک پروتون، یک نوترون نیز در هسته دارد. ایزوتوپ دیگر تریتیم نام دارد که یک پروتون و دو نوترون در هسته دارد. هم‌جوشی هسته‌ای واکنشی است پیچیده که کنترل آن در راکتورهای هسته‌ای مشکل است. تحقیقات در زمینهٔ تولید برق به این روش هم‌چنان ادامه دارد.



شکل ۲۵ــ۳ واکنش هم‌جوشی هسته

امروزه نیروگاه‌های هسته‌ای به روش «شکافت هستهٔ اورانیم ۲۳۵» برق تولید می‌کنند. شکل ۲۶ــ۳ شمای کلی و ساده شدهٔ یک نیروگاه هسته‌ای را نشان می‌دهد. واکنش هسته‌ای در داخل راکتور هسته‌ای انجام می‌شود. در داخل راکتور محفظه‌هایی وجود دارد که میله‌های سوخت را در داخل آن‌ها قرار می‌دهند. انرژی تولید شده به صورت گرما ظاهر می‌شود که توسط آبی که در اطراف محفظه‌های سوخت جریان دارد جذب می‌شود و خارج می‌گردد. این آب H_2O نیست بلکه آب سنگین نام دارد که به جای هیدروژن، ایزوتوپ آن یعنی دوتریم قرار دارد و فرمول مولکولی آن را با D_2O نمایش می‌دهند، پمپ سیکل آب سنگین وظیفهٔ به جریان انداختن این آب در یک مدار بسته را برعهده دارد. حرارت جذب شده توسط آب سنگین در یک مبدل حرارتی به سیکل آب معمولی منتقل می‌شود و بخار پرفشار تولید می‌کند. این بخار وارد توربین می‌شود و پره‌های آن را به چرخش درمی‌آورد در نتیجه انرژی خود را از دست می‌دهد و به صورت آب خارج می‌شود. توربین به ژنراتور متصل است و برق تولید می‌نماید. پمپ سیکل آب معمولی وظیفهٔ به جریان انداختن آب خروجی از توربین را برعهده دارد.

سنگ معدن اورانیم که از معادن طبیعی به‌دست می‌آید مخلوطی از دو ایزوتوپ U^{238} (۹۹/۳ درصد وزنی) و U^{235} (۰/۷ درصد وزنی) است. از طرفی تنها ایزوتوپ U^{235} قابل استفاده در واکنش‌های شکافت هسته‌ای است و ایزوتوپ U^{238}، به دلیل سنگینی هسته، مناسب انجام واکنش هسته‌ای نیست.



شکل ۲۶ــ۳ فرآیندهای ساده شدهٔ یک نیروگاه هسته‌ای

بنابراین، قبل از استفاده از اورانیم، باید غلظت ایزوتوپ U^{235} را افزایش داد، که به این عمل «غنی‌سازی اورانیم» گویند. برای آن‌که اورانیم بتواند در راکتورهای هسته‌ای به‌کار گرفته شود، غلظت ایزوتوپ U^{235} باید به حدود ۵ درصد وزنی برسد. برای تولید سلاح‌های هسته‌ای غلظت ایزوتوپ U^{235} باید حداقل ۸۵ درصد وزنی باشد.

جهت غنی‌سازی اورانیم و افزایش ایزوتوپ U^{235} ابتدا اورانیم را به گاز اورانیم هگزافلورید (UF_6) تبدیل می‌کنند. سپس این گاز را به دستگاه‌های استوانه‌ای شکل به نام سانتریفوژ وارد می‌نمایند. این استوانه‌ها با سرعت بسیار زیاد دَوَران می‌کنند و به واسطهٔ نیروی گریز از مرکز، ترکیب سنگین‌تر (UF_6^{238}) در نزدیکی جدارهٔ استوانه و ترکیب سبک‌تر (UF_6^{235}) در نواحی اطراف محور تجمع می‌نمایند و به این ترتیب دو ایزوتوپ اورانیم از یکدیگر جدا می‌شوند. این جداسازی کامل نیست و هرچه تعداد مراحل سانتریفوژ بیش‌تر باشد، جداسازی بهتر انجام می‌شود و اورانیم U^{235} با غلظت بیش‌تر به‌دست می‌آید.

معایب انرژی هسته‌ای: همان‌طور که دیدید، در فرآیند تولید برق از انرژی هسته‌ای گاز

CO_2 و گازهای مضر دیگر تولید نمی‌شود و از این نظر می‌تواند جای‌گزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشد. البته باید توجه داشت که در نیروگاه‌های هسته‌ای، پس‌ماند یا زبالهٔ هسته‌ای تولید می‌شود که امروزه روش‌های شناخته‌شده‌ای جهت جمع‌آوری و نگه‌داری ایمن آن‌ها وجود دارد. به هرحال دو نقطهٔ ضعف انرژی هسته‌ای به شرح زیر است :

ــ در طراحی، ساخت، نصب و بهره‌برداری از نیروگاه‌های هسته‌ای به فناوری‌های پیشرفته نیاز است.

ــ پیدا کردن مکان مناسب جهت دفن ایمن زباله‌های هسته‌ای نسبتاً دشوار است.

مطالعهٔ آزاد

جهت کسب اطلاعات بیش‌تر در خصوص مطالب این فصل، با استفاده از کلید واژه‌های فارسی و به‌خصوص انگلیسی زیر از اینترنت کمک بگیرید :

۱ــ انرژی تجدیدپذیر	- renewable energy
۲ــ انرژی زمین گرمایی	- geothermal energy
۳ــ انرژی باد	- Wind energy
۴ــ انرژی آب	- Water energy
۵ــ انرژی جزر و مد	- tidal energy
۶ــ انرژی زیست‌توده	- biomass energy
۷ــ بیوسوخت	- biofuel
۸ــ بیودیزل	- biodiesel
۹ــ بیوگاز	- biogas
۱۰ــ انرژی خورشیدی	- solar energy
۱۱ــ سوخت هیدروژن	- hydrogen Fuel
۱۲ــ انرژی هسته‌ای	- nuclear energy
۱۳ــ پیل سوختی	- fuel cell

پرسش و تمرین

۱ــ در به‌کارگیری همهٔ انواع انرژی‌های تجدیدپذیر دو روش عمده وجود دارد. این دو روش را شرح دهید و مثال‌های مرتبط با هر روش را در خصوص انرژی باد نام ببرید.

۲ــ نحوهٔ تشکیل مخزن زمین‌گرمایی را شرح دهید.

۳ــ سه روش استفاده از انرژی زمین‌گرمایی را نام ببرید.

۴ــ طرز کار یک سلول فتوولتاییک را با رسم شکل نشان دهید.

۵ــ با رسم شکل سادهٔ یک آب‌گرم‌کن خورشیدی و نام‌گذاری اجزای آن، طرز کار این دستگاه را شرح دهید.

۶ــ شکل یک مولد برق بادی شامل توربین بادی و ژنراتور را رسم کنید با نام‌گذاری اجزای مختلف آن، نحوهٔ تولید برق را شرح دهید.

۷ــ فناوری‌های متداول جهت استفاده از انواع انرژی‌های زیست توده را نام ببرید.

۸ــ روش‌های مختلف استفاده از زباله‌های شهری را، که یکی از منابع انرژی است، شرح دهید.

۹ــ با رسم شکل، چگونگی تولید برق از امواج دریا را شرح دهید.

۱۰ــ با رسم شکل سادهٔ یک نیروگاه هسته‌ای، فرآیند تولید انرژی الکتریکی از انرژی هسته‌ای را شرح دهید.