یازدهمین نشریه علمی دانشجویی ویستا-بهار ۱۴۰۴

ویستا

نشریه‌ی دانش و فرهنگ

در پرتو خورشید

بسم الله الرحمن الرحيم

ویستا

نشریه‌ی دانش و فرهنگ

یازدهمین شماره نشریه فرهنگ و دانش ویستا

نشریه علمی دانشجویی ویستا
شماره یازده بهار ۱۴۰۴

صاحب امتیاز:
انجمن علمی دانشجویی مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیر مسئول
سبحان آهنگر

سردبیر
سیدامیررضا حسینی

صفحه آرا و طراح جلد
سیدمرتضی ظریفی

ویراستاران :
سیدامیررضا حسینی
سبحان اهنگر

تحریریه این شماره:
جواد قاهری
امیررضا سلامت اسرمی
سینا ولی پور
سیدامیررضا حسینی

سبحان اهنگر
محمد حقانی
امیررضا رجبی
مجید عامری
علی سلیمانی

ویراستار علمی :
مهندس امیررضا سلامت اسرمی

با تشکر از :
دکتر محمد ضامن

کانال نشریه:
t.me/vista_magg

در این شماره از نشریه می‌خوانیم !

۵ اولین ها (تبدیل انرژی خورشیدی به برق)

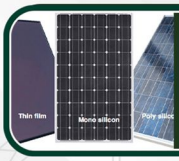
۷ معرفی فیلم (A beautiful mind)

۸ E.N.E.R.G.Y

۱۰ از بحرانی جهانی تا راه‌حلی پایدار

۱۳ خورشید، نیرویی پایان‌ناپذیر در خدمت انسان

۱۶ از فوتون تا برق



۲۰ پنل‌های خورشیدی زیر ذره‌بین

۲۳ چگونه ساخته میشود ؟ (سلول خورشیدی فتوولتاییک)

۲۵ سرگرمی(جدول ماز)

سخن سردبیر

سید امیررضا حسینی - سردبیر نشریه ویستا - مهندسی مکانیک ورودی ۱۴۰۲

درود به همه‌ی خوانندگان عزیز،

بسیار خوشحالم که امروز بار دیگر در کنار شما هستیم. از شما سپاسگزارم؛ مخصوصاً از آن دسته که حتی سخن سردبیر نشریه ویستا را مطالعهٔ می‌کنید. یاری و حمایت‌های بی‌دریغ شما، عامل اصلی پیشرفت و ارتقای کیفیت مطالب ماست. امیدوارم همچنان با اطمینان از نظرات و همراهی ارزشمندتان، ما را در ادامه این مسیر همراهی نمایید.

در این شماره و شماره‌های آتی، به یاری حمایت دکتر ضامن و مهندس سلامت، به بررسی موضوعات پیرامون انرژی خورشیدی و نیروگاه‌های خورشیدی پرداخته‌ایم و همواره سعی کرده‌ایم کیفیت و صحت مطالب را حفظ کنیم. هدف ما ارائه‌ی مفاهیم به زبان ساده و در قالبی قابل فهم برای تمامی مخاطبان عزیز بوده است.

مأموریت نشریه علمی دانشجویی ویستا، که انحصاراً از انجمن علمی دانشجویی مهندسی مکانیک حمایت می‌شود، معرفی مفاهیم و دانش‌های مرتبط با مهندسی مکانیک و آشنا ساختن خوانندگان با این حوزه می‌باشد. دریافت نظرات و پیشنهادات سازنده‌ی شما پس از انتشار شماره‌های گذشته، انگیزه و تمرکز تیم ما را دوچندان کرده و امروز خوشحالیم که توانسته‌ایم مطالب ابتدایی و ساده مرتبط با انرژی خورشیدی و نیروگاه‌های خورشیدی را به زبان روشن به شما ارائه دهیم.

در پایان، همانند گذشته، خواهشمندیم نظرات و انتقادات سازنده‌ی خود را با ما در میان بگذارید تا بتوانیم با بهره‌گیری از تجربیات شما، مسیر پیشرفت را هموارتر سازیم.

با آرزوی سربلندی روزافزون برای شما،
سیدامیررضا حسینی

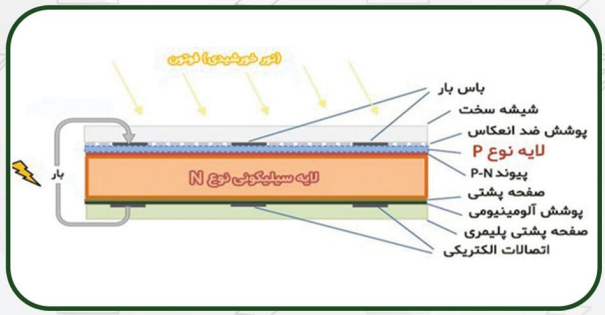
اولین ها

اولین باری که انرژی خورشیدی تبدیل به برق شد

محمد حقانی
مهندسی مکانیک ورودی ۱۴۰۲

نخستین تبدیل انرژی خورشیدی به برق در دنیا علم - (کشف اثر فتوولتائیک):

فیزیکدان فرانسوی، در سال ۱۸۳۹ و در سن ۱۹ سالگی، پدیده‌ای را کشف کرد که به آن اثر فتوولتائیک می‌گوییم. او دریافت که وقتی دو الکترود فلزی در یک محلول رسانا (الکترولیت) قرار داده شوند و یکی از آن‌ها در معرض نور خورشید قرار بگیرد، جریان ضعیفی بین آن‌ها ایجاد می‌شود.



اولین سلول خورشیدی واقعی - (ساخته‌ی چارلز فریتس):

مهندس آمریکایی، اولین سلول خورشیدی واقعی را ساخت. او از سلنیوم به عنوان ماده‌ی نیمه‌رسانا استفاده کرد و روی آن لایه‌ای نازک از طلا کشید تا الکترون‌ها را جمع‌آوری کند.
اگرچه بازده این سلول بسیار پایین بود، اما اولین نمونه کاربردی از سلول خورشیدی محسوب می‌شود.

تولد پنل خورشیدی مدرن (شاهکار Bell Lab):

تحول واقعی در صنعت انرژی خورشیدی در سال ۱۹۵۴ توسط تیمی از دانشمندان در آزمایشگاه‌های (Bell Labs) رقم خورد. آن ها با استفاده از کریستال‌های سیلیکون خالص، سلولی ساختند که بازدهی حدود ۶٪ داشت و به اندازه‌ای قوی بود که می‌توانست یک دستگاه کوچک را روشن کند.

و اما در ایران .....

اولین تبدیل انرژی پاک خورشیدی به انرژی الکتریسیته :

از هزاران سال پیش، مردمان فلات ایران به طور غیرمستقیم از انرژی تجدید پذیر بهره می بردند؛ از طراحی خانه‌های بادگیر دار و جهت گیری معماری سنتی گرفته تا ساخت آب انبارها و استفاده از نور طبیعی برای گرمایش .
ایران با برخورداری از یکی از بالاترین نرخ‌های تابش خورشید در جهان (متوسط ۳۰۰ روز آفتابی در سال) ، پتانسیل بسیار بالایی برای پیشتازی در زمینه انرژی خورشیدی دارد.

احداث اولین خانه خورشیدی در شیراز :

در سال ۱۳۵۷، با همکاری مشترک میان ایران و دولت آمریکا، اولین نیروگاه خورشیدی ایران و خاورمیانه در منطقه‌ای نزدیک شیراز ساخته شد. این نیروگاه از نوع حرارتی (Thermal) بود و از آینه‌های سهموی برای تمرکز نور خورشید و تولید بخار برای چرخاندن توربین‌ها استفاده می‌کرد.

این پروژه به عنوان یکی از پیشروترین طرح ها در خاورمیانه تلقی می‌شد، اما با وقوع انقلاب اسلامی ۱۳۵۷ و سپس جنگ ایران و عراق، توسعه آن متوقف شد و پروژه به حال تعلیق درآمد.

اما اولین استفاده از پنل‌های خورشیدی فتوولتائیک در ایران چه زمانی بود؟

دهه ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۰ شمسی: پنل‌های خورشیدی به‌صورت بسیار محدود در مناطق محروم و دورافتاده (مانند سیستان و بلوچستان، روستاهای خراسان و جنوب کرمان) برای تأمین روشنایی مدارس، کلینیک‌ها و خانه‌ها نصب شدند. این پروژه‌ها عمدتاً با کمک‌های بین‌المللی یا در قالب پروژه‌های آزمایشی اجرا شدند.

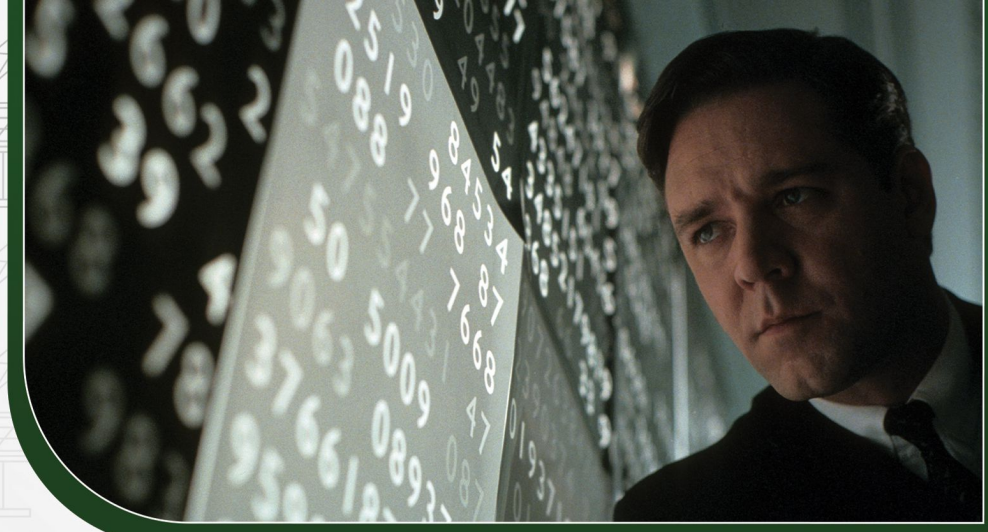
اولین پروژه بزرگ پنل‌های pv :

در سال‌های ابتدایی دهه ۱۳۹۰، اولین نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک در یزد و سپس در همدان و کرمان احداث شد

نیروگاه خورشیدی ۵۰۰ کیلوواتی یزد (سال ۱۳۹۲).یکی از معروف‌ترین پروژه‌ها سپس نیروگاه‌های ۱، ۵ و ۲۰ مگاواتی در استان های کرمان و فارس راه‌اندازی شدند

اگر سیاست‌گذاری‌های پایدار، حمایت‌های اقتصادی و فرهنگ‌سازی مردمی به شکل مستمر ادامه یابد ، امید است تا انرژی تجدید پذیر بیشتر مورد استفاده قرار بگیرد و به تبع آن به مقدار زیادی باعث کاهش مصرف سوخت فسیلی و همچنین کاهش تولید آلاینده ها بشود.

معرفی فیلم و سریال



محمد حقانی
مهندسی مکانیک ورودی ۱۴۰۲

ذهن زیبا

A beautiful mind 2001

این فیلم یه بیوگرافی صرف نیست؛ یه سفر ذهنیه. داستان یه ریاضیدان نابغه‌ست که ذهنش مثل یه موتور پیچیده کار می‌کنه، ولی به‌جاش آرامش زندگی روزمره رو از دست داده. اولش فکر می‌کنی با یه قصه‌ی موفقیت کلاسیک طرفی، ولی خیلی زود متوجه می‌شی همه‌چی اون‌قدر صاف و ساده نیست.

فیلم با یه ریتم حساب‌شده جلو می‌ره، اول ذهن علمی و خلاق شخصیتو نشون می‌ده، بعد کم‌کم درگیرت می‌کنه با لایه‌های عمیق‌تر: ذهنی که داره واقعیت رو به شکل خودش بازسازی می‌کنه. یه بازی استادانه با مخاطب که تا مدت‌ها نمی‌فهمی چی واقعیه و چی واقعی نیست.

بزرگ‌ترین نقطه قوتش اینه که بدون احساساتی شدن، یه شخصیت آسیب‌پذیر رو با قدرت و احترام روایت می‌کنه. عشق، هویت، دیوانگی، نبوغ و..... همه کنار هم.

اگه دنبال فیلمی هستی که هم مغزتو درگیر کنه، هم قلبتو، این یکی از بهترین گزینه‌هاست.

فیلم A Beautiful Mind داستان زندگی یک ریاضیدان نابغه را روایت می‌کند که از همان دوران دانشجویی، ذهنی متفاوت و خارق‌العاده دارد.او برخلاف اطرافیانش، علاقه‌ای به مسیرهای معمول ندارد و در جست‌وجوی یک «ایده‌ی بزرگ و انقلابی» است.

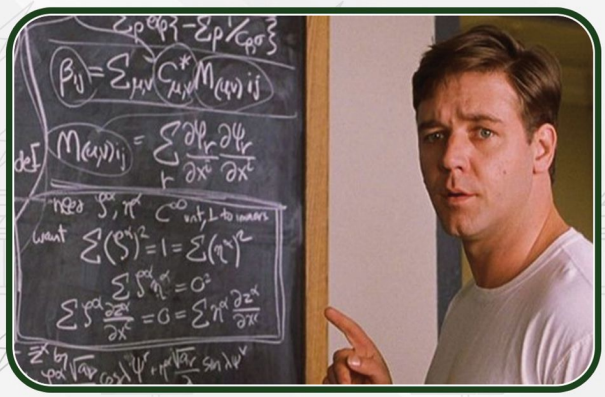
در مسیر پیشرفت علمی، با چالش‌هایی روبه‌رو می‌شود که فقط علمی یا حرفه‌ای نیستند، بلکه بُعدی روان‌شناختی و درونی نیز دارند. هرچه جلوتر می‌رویم، مرز بین واقعیت و ذهن او پیچیده‌تر می‌شود و داستان رنگی فلسفی و انسانی به خود می‌گیرد.

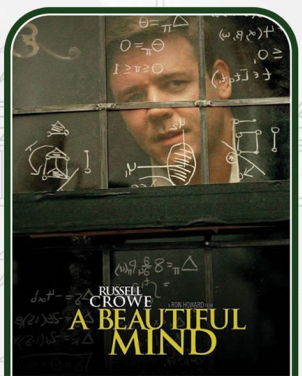
فیلم ترکیبی است از درام، روان‌شناسی و زندگی نامه، که با فضایی هوشمندانه، احساسی و گاهی رمزآلود، مخاطب را درگیر ذهن شخصیت اصلی می‌کند. در قلب داستان، عشق، ایثار و مبارزه برای حفظ هویت انسانی دیده می‌شود .

Genre: biographical – drama

IMDb Rating: 8.2/10

Stars: Russell crow – Jennifer Connelly - adam Goldberg – Edward harris





سبحان آهنگر
مهندسی مکانیک ورودی ۱۴۰۲

نگاهی ساده به سرچشمه‌های انرژی و مسیر تحول آن

انرژی 活力 الطاقة Energy کلمه‌ای ساده و آشنا، اما پرمعنا و پیچیده. از همان لحظه‌ای که انسان نخستین، با شعله‌ی آتش آشنا شد تا زمانی که امروز انرژی هسته‌ای را کنترل می‌کنیم، این کلمه همراه ما بوده.

انرژی یعنی همان نیرویی که زندگی را ممکن می‌کند، گاهی ناجی ما و گاهی هم تهدیدی جدی برای آینده‌مان.

انرژی باعث می‌شود صبح‌ها از خواب بیدار شویم، خانه‌هایمان روشن شود، ماشین‌ها حرکت کنند و کارخانه‌ها بچرخند.

اما درست مثل دو روی یک سکه، انرژی می تواند هم منبع خیر و هم منبع شر باشد؛ هم باعث پیشرفت شود و هم ویرانی.

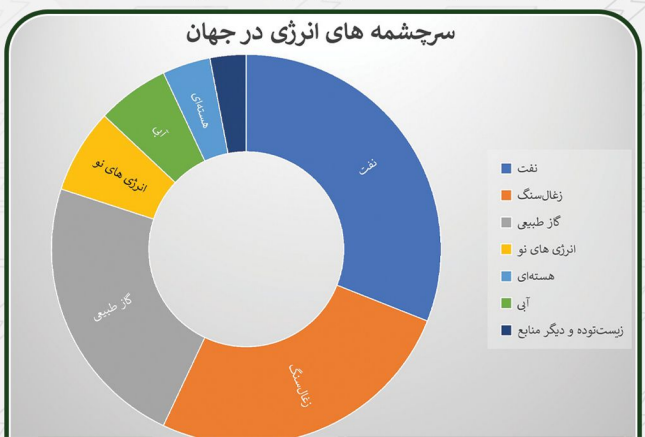
البته ما اینجا در مورد انرژی به معنای فیزیکی آن صحبت می‌کنیم، نه در معنای متافیزیکی یا فلسفی. همان انرژی که آلبرت انیشتین با فرمول مشهور $E=mc^2$ آن را تعریف کرد و همه ما در درس‌های فیزیک خوانده‌ایم؛ یعنی توانایی انجام کار، از کوچک‌ترین ذرات تا بزرگ ترین نیروگاه‌ها.

سرچشمه های انرژی در جهان

این نمودار دایره‌ای، سهم انواع منابع انرژی در تولید جهانی را نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینیم، نفت و زغال‌سنگ همچنان بیشترین سهم را در تأمین انرژی دارند، که نشان‌دهنده‌ی وابستگی جدی بشر به منابع فسیلی است. گاز طبیعی نیز بخش بزرگی از این مصرف را تشکیل می‌دهد و جایگاهی بینابینی بین سرچشمه های انرژی در جهان دارد.

در کنار آن‌ها، انرژی‌های نو (مانند خورشیدی و بادی)، برق آبی و انرژی هسته‌ای در مجموع سهم کمتری دارند، اما رشد آن‌ها در سال‌های اخیر چشمگیر بوده است. منابعی مثل زیست توده نیز هرچند سهم کمتری دارند، اما در برخی کشورها کاربرد ویژه‌ای پیدا کرده‌اند.

در واقع، بیشتر این انرژی‌ها–به جز انرژی هسته‌ای و زمین‌گرمایی–در نهایت به خورشید برمی‌گردند. از رشد گیاهانی که زیست‌توده می‌سازند، تا تشکیل سوخت‌های فسیلی و حتی جریان‌های باد و آب، همگی به نوعی حاصل انرژی خورشید هستند. این نمودار نه فقط آمار مصرف، بلکه داستانی از مسیر انسان از منابع طبیعی به مصرف صنعتی را روایت می‌کند.



ایران؛سرزمین شیر و خورشید

ایران یکی از بزرگ‌ترین دارندگان منابع انرژی فسیلی در دنیاست. ذخایر عظیم نفت و گاز، ایران را در زمره‌ی کشورهای کلیدی حوزه انرژی قرار داده، به‌طوری که سال‌هاست صادرات این منابع، شاهرگ حیاتی اقتصاد کشور محسوب می‌شود.

اما واقعیت این است که داشتن منابع زیاد، همیشه به‌معنای مصرف بهینه یا مدیریت درست نیست. در سال‌های اخیر، ایران با مشکلات جدی در تولید برق مواجه شده و دچار ناترازی انرژی هستیم. تابستان‌ها با خاموشی‌های مکرر روبه‌رو هستیم و زمستان ها هم گاهی شبکه‌ها، توان تأمین گاز و برق همزمان را ندارند. این اتفاق در کشوری که خودش منبع عظیم انرژی است، کمی عجیب به‌نظر می‌رسد.

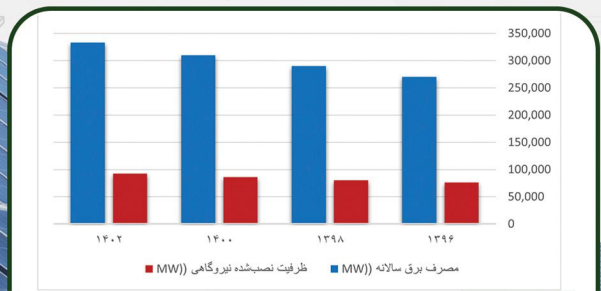
اما چرا این‌طور شده؟ دلایل زیادی مطرح‌اند:

- **افزایش مصرف خانگی و صنعتی بدون توسعه زیرساخت تولید انرژی**
- **فرسودگی نیروگاه‌ها و خطوط انتقال**
- **وابستگی بیش از حد به سوخت‌های فسیلی، به‌ویژه گاز**
- **و از همه مهم‌تر، سرمایه‌گذاری ناکافی روی انرژی‌های نو و پایدار**

در حالی که کشورهای دیگر به‌سرعت به سمت خورشید و باد رفته‌اند، ما هنوز روی زمین‌های بیابانی‌مان، پنل خورشیدی نصب نکرده‌ایم یا آنقدر محدود که تأثیر زیادی نداشته.

راه حل چیست؟ راه حل روشن است:

تنوع در سبد انرژی. یعنی استفاده همزمان از انرژی‌های بادی، برق‌آبی، زیست‌توده و البته انرژی خورشیدی. نیروگاه‌های خورشیدی در مناطق مرکزی ایران، توربین‌های بادی در سواحل خزر و خلیج فارس، بهره‌برداری بهتر از ظرفیت ژئوترمال(زمین گرمایی) در شمال‌غرب و شمال‌شرق کشور، همه می‌توانند سهمی از تولید انرژی داشته باشند.



آیا واقعا سرچشمه انرژی در جهان از خورشید است؟

شاید تعجب کنید، اما تقریباً تمام انرژی‌هایی که ما روزانه استفاده می‌کنیم، به نوعی از خورشید سرچشمه می‌گیرند. بادها، بارش‌ها، رشد گیاهان، سوخت‌های فسیلی و حتی انرژی برق آبی، همه در نهایت از نور و گرمای خورشید هستند.

حتی سوخت‌های فسیلی میلیون‌ها سال پیش، ذخیره انرژی خورشیدی بوده‌اند که توسط گیاهان و جانوران جذب و ذخیره شده‌اند. فقط چند استثنا مثل انرژی ژئوترمال (گرمای زمین) و جزر و مد دریاها که ناشی از نیروی جاذبه ماه است، مستقل از خورشید عمل می‌کنند.

خورشید، مثل یک قلب بزرگ است که به زمین و همه موجودات زنده‌اش زندگی می‌بخشد و انرژی را در جریان نگه می‌دارد.

در اخر

در جهانی که هر حرکت و هر توسعه‌ای وابسته به انرژی است، فهمیدن منشأ این نیروها نه‌تنها کنجکاوی علمی بلکه نیاز حیاتی امروز ماست. از انرژی‌های لوس و ناپایدار گرفته تا منابع پرقدرت ولی پایان‌پذیر، همگی ما را به یک نقطه می‌رسونن: خورشید. همان منبع بزرگ و بی‌ادعایی که در پشت بسیاری از انرژی‌های مورد استفاده ما ایستاده، چه مستقیم، چه غیرمستقیم.

اگر شما هم مثل ما به دنیای انرژی، منشأ اصلی اون یعنی خورشید، و آینده‌ی تأمین انرژی علاقه‌مند شدید، پیشنهاد می‌کنیم در دو شماره آینده‌ی ویستا همراه ما باشید؛ جایی که سفر به دل انرژی خورشیدی، فیزیک آن و تأثیرش بر زمین و زندگی را ادامه می‌دهیم.

به امید نوری که خاموش نشود.

از بحرانی جهانی تا راه‌حلی پایدار

جواد قاهری
مهندسی مکانیک ورودی ۱۴۰۲

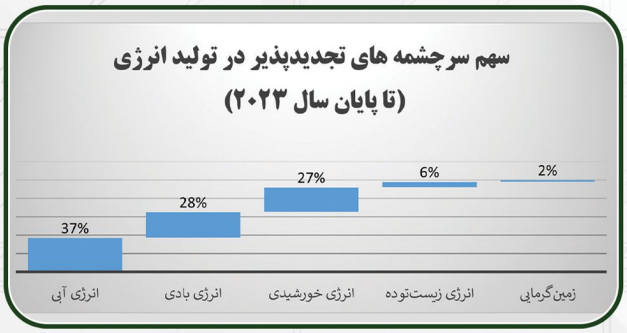
نگاهی به انواع انرژی‌های نو

یکی از بحران‌های مهمی که بشر امروز با آن مواجه است، آلودگی محیط زیست و پایان پذیری منابع سوخت‌های فسیلی است. از سوی دیگر، کشورهایی که به واردات سوخت وابسته‌اند، در برابر بحران‌های سیاسی و اقتصادی بسیار آسیب‌پذیر هستند. راه‌حل این مشکلات، روی آوردن به انرژی‌های نو و تجدیدپذیر است؛ منابعی پاک، پایان‌ناپذیر و قابل اتکا که نه‌تنها آلودگی محیطی ایجاد نمی‌کنند، بلکه دسترسی گسترده‌تری دارند.

انرژی نو چیست؟

انرژی‌های نو به انواعی از انرژی‌ها گفته می شود که وابسته به منابع فسیلی مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ نیستند و در فرآیند تولید آن ها، گازهای گلخانه‌ای یا تولید نمی‌شود یا مقدار آن بسیار اندک است. این انرژی‌ها عمدتاً از منابع طبیعی مانند خورشید، باد، آب، زمین، زیست‌توده و... به‌دست می‌آیند.

از مهم‌ترین ویژگی‌های انرژی‌های نو می‌توان به پاکی، تولید مجدد سریع در طبیعت، و استقلال از منابع محدود زمین اشاره کرد. به همین دلیل، در بسیاری از منابع علمی و تخصصی، از آن‌ها با نام «انرژی‌های تجدیدپذیر» نیز یاد می‌شود.



انواع انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

۱. انرژی خورشیدی

انرژی خورشید یکی از گسترده‌ترین منابع انرژی در سیاره زمین است. با استفاده از پنل‌های فتوولتائیک (PV)، نور خورشید مستقیماً به برق تبدیل می‌شود.

کاربردها:

- تولید برق خانگی و صنعتی
- سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی
- خشک‌کردن محصولات کشاورزی

مزایا: رایگان، پاک،قابل‌دسترس در بیشتر مناطق

معایب: وابسته به شرایط جوی، نیازمند فضای زیاد برای نصب پنل

۲. انرژی بادی

با نصب توربین‌های بادی در مناطق بادخیز، انرژی جنبشی باد به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

مزایا:

- هزینه بهره‌برداری پایین
- عدم آلودگی محیطی
- بی‌نیاز از آب یا سوخت

معایب:

- تولید صدای زیاد
- خطر برای پرندگان
- نیاز به محل خاص با باد مناسب

۳. انرژی آبی

این انرژی با ایجاد سدها و استفاده از جریان کنترل‌شده آب تولید می‌شود.

مزایا: پاک، پایدار، قابل اطمینان

معایب: تغییر اکوسیستم آبی، نیاز به منابع آب بزرگ

۴. انرژی اقیانوسی

از موج‌ها، جزر و مد، و اختلاف دمایی آب های سطحی و عمقی استفاده می‌شود. در کشورهایی با دسترسی به دریا، کاربرد زیادی دارد.

مزایا: پایان‌ناپذیر، بدون آلودگی

معایب: هزینه بالا و ساخت دشوار تجهیزات

۵. انرژی هیدروژن

هیدروژن از منابعی چون آب و زیست‌توده به دست می‌آید و در پیل‌های سوختی، بدون آلایندگی به برق تبدیل می‌شود.

مزایا: بدون گازهای گلخانه‌ای، بسیار پاک

معایب: گران بودن استخراج، خطر انفجار، دشواری در حمل‌ونقل

چرا جهان به انرژی‌های نو رو آورده است؟

۱. کاهش آلودگی و تغییرات اقلیمی

سوخت‌های فسیلی باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند CO_2، NO_2 و SO_2 می‌شوند که عامل اصلی گرمایش زمین‌اند.

مثال: آلمان با سرمایه‌گذاری در انرژی خورشیدی، انتشار CO_2 را به‌شدت کاهش داده است.

۲. منابع فسیلی محدود هستند

ذخایر نفت، گاز و زغال‌سنگ رو به پایان‌اند.

مثال: ژاپن که منابع فسیلی کمی دارد، با توسعه انرژی‌های نو وابستگی خود را کاهش داده است.

۳. امنیت انرژی و استقلال

اتکا به واردات سوخت، کشورها را در برابر تحریم‌ها و جنگ‌ها آسیب‌پذیر می‌کند.

مثال: اتحادیه اروپا پس از بحران اوکراین، استفاده از انرژی‌های نو را جدی‌تر دنبال کرد.

۴. ایجاد شغل و رشد فناوری

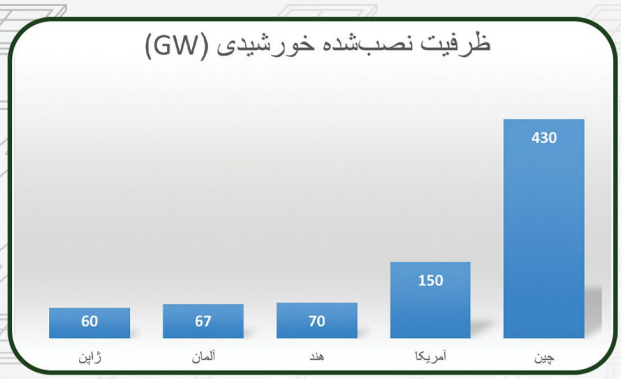
انرژی‌های نو فرصت‌های شغلی جدیدی در حوزه مهندسی، نصب، بهره‌برداری و تعمیرات ایجاد کرده‌اند.

مثال: صنعت انرژی بادی در آمریکا بیش از ۱۰۰ هزار شغل مستقیم و غیرمستقیم ایجاد کرده است.

۵. تعهدات جهانی زیست‌محیطی

بر اساس پیمان پاریس، کشورها باید تا سال ۲۰۵۰ به تعادل کربنی برسند.

مثال: کشورهای اسکاندیناوی با انرژی‌های پاک به این هدف نزدیک‌تر شده‌اند.



وضعیت جهانی انرژی‌های نو

بر اساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) در سال ۲۰۲۲، انرژی‌های تجدیدپذیر حدود ۲۶٪ از تولید برق جهان را تشکیل می‌دادند. انتظار می‌رود این رقم تا سال ۲۰۲۷ به ۳۸٪ برسد.

در مقابل، سوخت‌های فسیلی هنوز حدود ۷۸٪ از انرژی مصرفی در جهان را در اختیار دارند (آمار ۲۰۱۹)، اما روند حرکت جهانی به‌سوی انرژی های نو بسیار سریع و قطعی است.

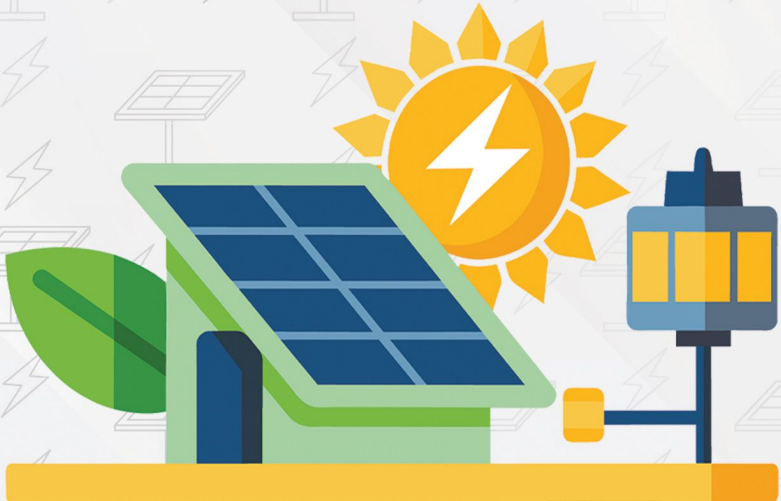
جمع‌بندی

انرژی‌های نو نه‌تنها پاسخی به بحران‌های زیست‌محیطی، سیاسی و اقتصادی هستند، بلکه راهی هوشمندانه برای توسعه پایدار، رشد فناوری، ایجاد شغل و تأمین انرژی نسل‌های آینده‌اند. با استفاده از این منابع، می‌توان آینده‌ای پاک‌تر، ایمن‌تر و عادلانه‌تر برای همگان رقم زد.

خورشید، نیرویی پایان‌ناپذیر در خدمت انسان

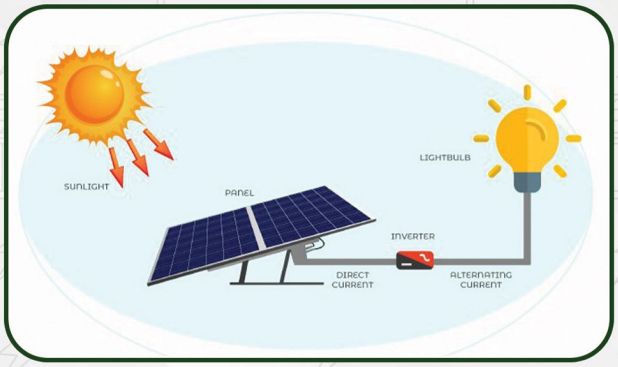
سینا ولی‌پور
مهندسی مکانیک ورودی ۱۴۰۲

انرژی خورشیدی، یکی از قدرتمندترین و پاک ترین منابع طبیعی است که به وسیله تابش مستقیم نور خورشید تامین می‌شود. این منبع بی‌نهایت و تجدیدپذیر، در کنار بی‌کربن بودن و عدم آلودگی، نقش کلیدی در مقابله با تغییرات اقلیمی و توسعه پایدار ایفا می‌کند. با رشد فناوری‌های نوین مانند سلول‌های خورشیدی و سیستم‌های گرمایش خورشیدی، استفاده از انرژی خورشیدی روز به روز گسترده تر شده و در بسیاری از کشورهای جهان به عنوان جایگزین سودمند برای سوخت‌های فسیلی در نظر گرفته می‌شود. این منبع انرژی، نه تنها فرصت‌هایی برای کاهش هزینه‌های برق و توسعه اقتصادی فراهم می‌کند،



بلکه نقش مهمی در حفظ محیط زیست و کاهش اثرات منفی صنعتی بازی می‌نماید.

در این مطلب سعی می کنیم فوتون را به صورت مختصر توضیح دهیم،درباره اثر فوتوالتریک و اهمیت آن صحبت کنیم،ساختار و عملکرد سلول های فتوولتائیک را شرح دهیم و توضیح می دهیم که چگونه نور خورشید به برق تبدیل میکند.



فوتون

فوتون ذره‌ای بنیادی و یا کوانتومی است که حامل انرژی نور است. در واقع، فوتون‌ها، بسته های کوچک و بی‌متیاز انرژی هستند که نور و تابش الکترومغناطیسی را تشکیل می‌دهند. ممفهوم فوتون، پیشرفتی چشم‌گیر را در شاخه های مهمی از فیزیک همچون لیزر، چگالش بوز-اینشتین، تئوری میدان‌های کوانتومی و بیان احتمالی کوانتوم ایفا کرده است.

طبق مدل استاندارد فیزیک ذرات، فوتون عامل ایجاد تمامی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ایجاد شده در طبیعت است. هم چنین این ذرات دلیل تقارن ویژه‌ای است که قوانین فیزیکی در صفحه فضا-زمان دارند. ویژگی‌های بنیادین فوتون، همچون بار الکتریکی، جرم و اسپین (جهت دوران)، وابسته به خواص تقارن پیمانه‌ای هستند.

ویژگی های مهم فوتون

***فوتون‌ها جرم ندارند.**

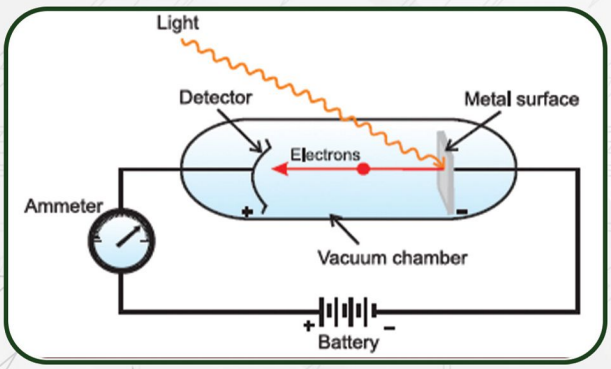
***همیشه با سرعت نور (تقریباً ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه) حرکت می‌کنند.**

***انرژی فوتون برابر است با رابطه $E=h\times f$ که در آن E برابر است با انرژی، h برار است با ثابت پلانک و f فرکانس نور است.**

اثر فوتوالکتریک

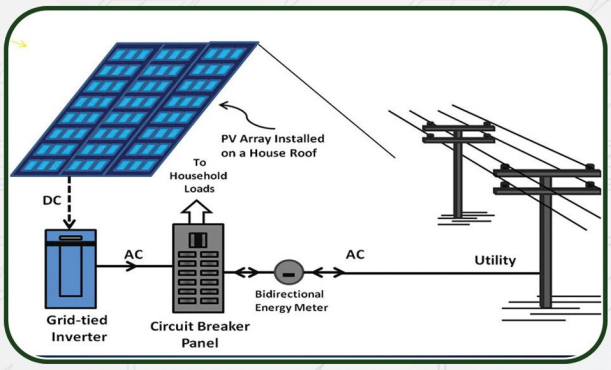
اثر فوتوالکتریک یکی از کشفیات بنیادی در فیزیک مدرن است که نشان می‌دهد نور نه تنها امواجی، بلکه دارای خواص ذره‌ای است. این اثر به معنای آزاد شدن الکترون‌ها از سطح یک فلز تحت تأثیر تابش نور با فرکانس بالا است، و این پدیده نشان می‌دهد که انرژی نور به صورت کوانتومی انتقال می‌یابد. کشف اثر فوتوالکتریک، نقش مهمی در تایید نظریه کوانتومی نور ایفا کرد و انگیزه اصلی برای توسعه مکانیک کوانتومی شد. این پدیده، نه تنها پایه‌ای در درک رفتار نور و ماده است، بلکه کاربردهای فراوانی در فناوری‌هایی مانند فتوسل‌ها، لیزرها و تصویربرداری‌های پزشکی دارد.

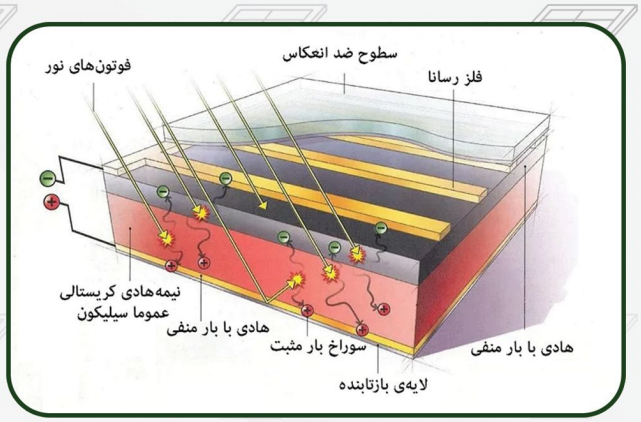
اثر فوتوالکتریک از اهمیت ویژه‌ای در تاریخ فیزیک برخوردار است، زیرا ثابت کرد که نور دارای خواص ذره‌ای است و نقش پایه‌ای در توسعه نظریه کوانتومی دارد. این پدیده نه تنها توانسته است تفاوت‌های بنیادی بین امواج کلاسیک و جهان کوانتومی را نشان دهد، بلکه به عنوان یکی از اثبات‌های کلیدی برای وجود فوتون‌ها و ساختار کوانتومی انرژی در عالم ماده محسوب می‌شود. از نظر فناوری، اثر فوتوالکتریک پایه‌ای برای ساخت ابزارهایی چون فتوسل و حسگرهای نوری است که در کاربردهای پزشکی، ارتباطات و فضاپیمایی نقش حیاتی دارند. در مجموع، این اثر مسیر فهم ما از طبیعت و قوانین حاکم بر جهان را دگرگون کرده است.



سلول های فتوولتائیک

سلول‌های فتوولتائیک، که به آن‌ها پنل‌های خورشیدی نیز گفته می‌شود، دستگاه‌هایی هستند که نور خورشید را مستقیماً به برق تبدیل می‌کنند. این سلول‌ها از مواد نیمه هادی مانند سیلیسیم ساخته شده‌اند و با استفاده از پدیده فتوولتی Ef، انرژی تابشی خورشید را به انرژی الکتریکی تغییر می‌دهند. ساختار این سلول‌ها شامل لایه‌های نیمه هادی، الکترودها و نسل‌های مختلفی از





فناوری‌ها است که هر یک با هدف بهینه سازی کارایی در تبدیل انرژی طراحی شده‌اند. فرایند انجام این تبدیل شامل:

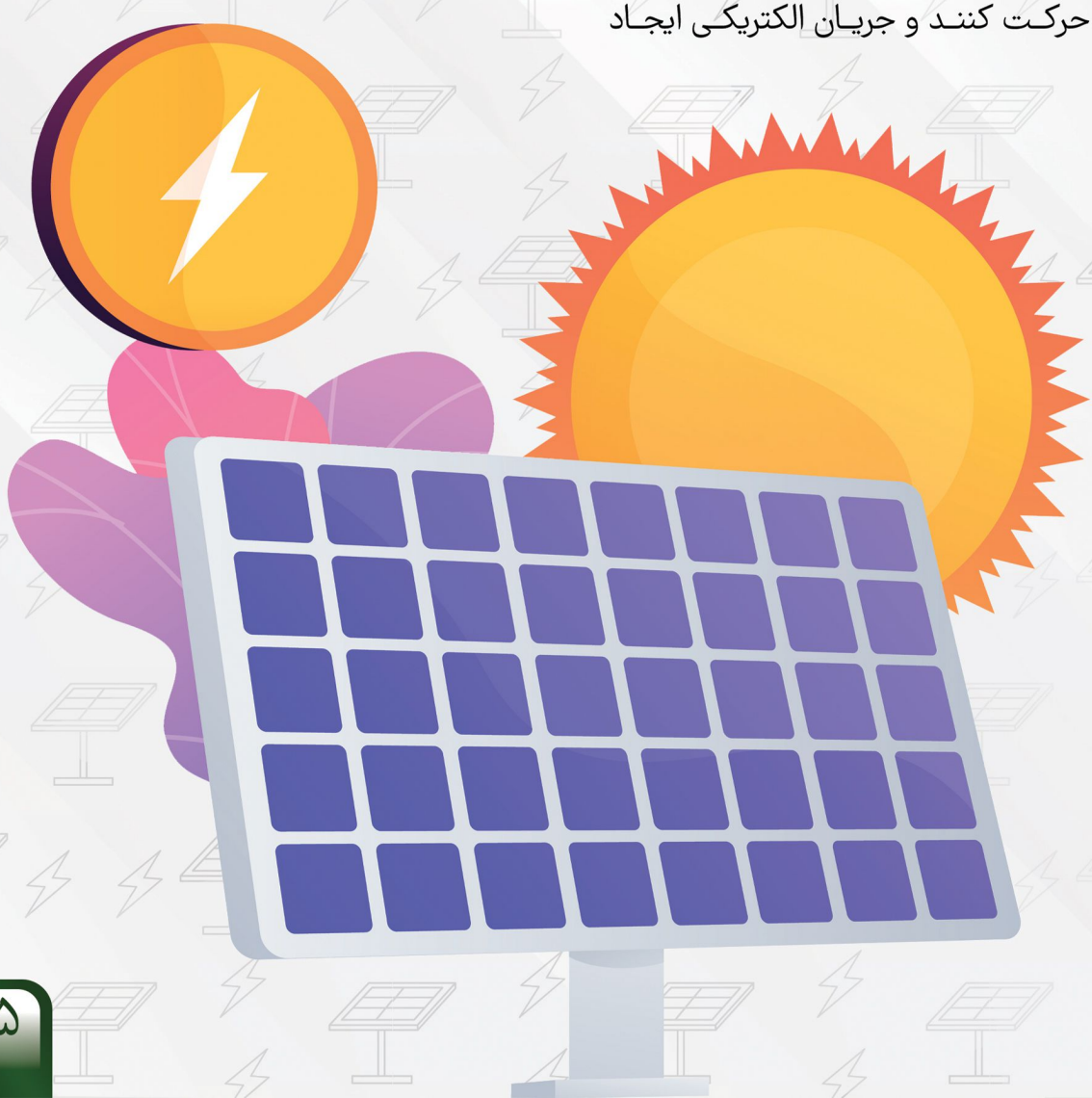
جذب نور: فوتون‌های نور خورشید توسط لایه نیمه‌هادی (معمولاً سیلیسیم) جذب می شوند. اگر فوتون‌ها انرژی کافی داشته باشند، الکترون‌ها را از حالت تعادل خارج می‌کنند.

تشکیل جفت‌های الکترون-حفره: پس از جذب، یک جفت باردار (یک الکترون و یک حفره) تشکیل می‌شود. این الکترون‌ها می توانند حرکت کنند و جریان الکتریکی ایجاد کنند.

جذب و جدا سازی بارها: در ساختار سلول، میدان الکتریکی داخلی ایجاد شده از طریق لایه‌های نوع n و p الکترون‌ها و حفره‌ها را جدا می‌کند و آن‌ها را به سمت الکترودهای متفاوت هدایت می‌کند.

تولید برق: الکترون‌ها از طریق مدار خارجی حرکت کرده و جریان برق مستقیم (DC) تولید می‌شود، که می‌تواند برای مصرف یا تبدیل به برق متناوب (AC) مورد استفاده قرار گیرد.

در نتیجه، تابش خورشید مستقیماً به جریان الکتریکی تبدیل می‌شود، بدون نیاز به فرآیندهای مکانیکی یا سوخت‌های فسیلی. این فرآیند پایه فعالیت سلول‌های فتوولتائیک است و نقش مهمی در تولید انرژی سبز و پایدار دارد.



از فوتون تا برق

امیررضا رجبی
مهندسی مکانیک ورودی ۱۴۰۲

پنل خورشیدی چگونه کار می‌کند؟

با افزایش روزافزون جمعیت جهانی و عدم تعادل بازار عرضه و تقاضا انرژی ، افزایش محدودیت در استفاده از سوخت ها فسیلی ، زنگ خطری را برای محققان، دولت‌ها و صنایع جهان به صدا دراورد.

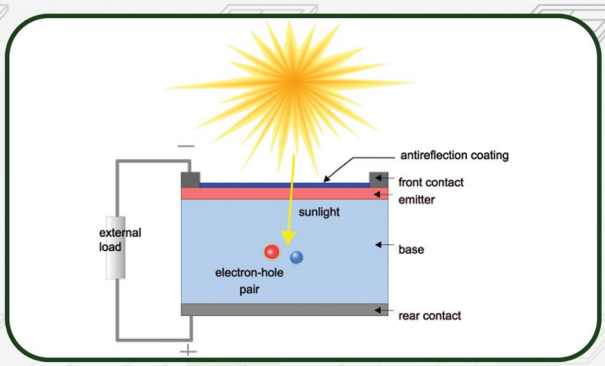
این افراد به دنبال جایگزینی برای سوخت های فسیلی که باعث آلودگی محیط زیست ، گرمایش زمین و کاهش ذخایر طبیعی می شوند ، بودند که توجه آن ها را ، انرژی خورشیدی به عنوان یکی از پاک‌ترین، در دسترس‌ترین و تجدیدپذیرترین منابع انرژی، به خود جلب کرده است. در همین راستا شروع به ساخت پنل های خورشیدی کردند . توسعه و بهره‌برداری از پنل های خورشیدی نه‌تنها می‌تواند نیازهای انرژی را در مناطق شهری و صنعتی ایران و جهان را تأمین کند، بلکه در مناطق دورافتاده، روستایی و فاقد زیرساخت نیز به‌عنوان راه‌حلی کارآمد برای برق‌رسانی مطرح است.

تعریف پنل خورشیدی

پنل خورشیدی که نام انگلیسی آن solar panel است، سیستمی است که انرژی خورشیدی را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده و در باتری های که در پنل خود نصب شده ، ذخیره می کند. این انرژی بر خلاف سوخت های فسیلی از منبع رایگان خورشید تامین شده و هیچگونه آلودگی زیست محیطی در پی نخواهد داشت.

ساختار کلی

پنل خورشیدی یا ماژول فتوولتائیک (Photo-voltaic Module) مجموعه‌ای از سلول‌های خورشیدی است که که همانند مدار ها به صورت سری یا موازی به یکدیگر متصل شده اند و تنها وظیفه آن ها تبدیل مستقیم انرژی نور خورشید به انرژی الکتریکی است. این تبدیل از طریق پدیده‌ای به نام اثر فتوولتائیک انجام می‌گیرد ، پدیده‌ای که طی آن، با برخورد فوتون‌های نور با مواد نیمه‌هادی سیلیکونی



که در سطح پنل های خورشیدی قرار دارند ، باعث آزادسازی الکترون‌ها و تولید جریان الکتریکی می‌شود.

پنل های خورشیدی از ۶ ساختار اصلی تشکیل شده اند که عبارت است از :

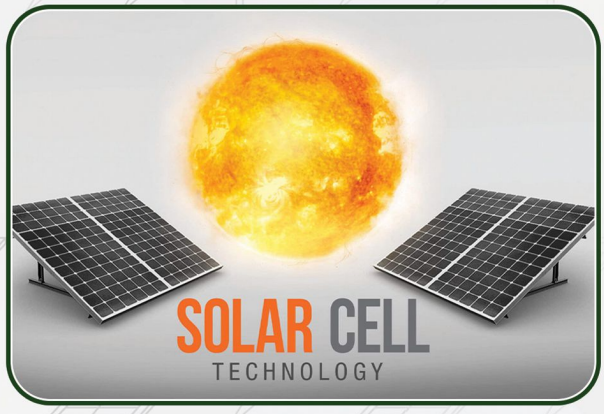
۱.لایه شیشه ای : در سطح پنل های خورشیدی شیشه های سخت و بسیار شفافی همانند سکوریت ها وجود دارد که وظیفه آن ها حفاظت و نگهداری از سلول‌های خورشیدی در برابر ضربه، باران، تگرگ و گرد و غبار، بدون کاهش تابش نور می باشد.

۲.لایه EVA (Ethylene Vinyl Acetate)

لایه EVA یکی از اجزای اصلی پنل های خورشیدی می باشد که یک ماده شفاف و چسبنده و برای کپسوله کردن سلول ها و نگه داشتن آنها در موقعیت بین سلول‌ها و لایه های محافظ استفاده می شود ، که وظیفه آن تثبیت مکانیکی سلول‌ها و عایق‌بندی در برابر رطوبت و هوا می باش

۳. سلول خورشیدی

یکی از مهم ترین و اصلی ترین اجزای پنل ، سلول خورشیدی می باشد و عنصر فعال پنل است که نور خورشید را به برق تبدیل می‌کند و ماده بکار رفته در آن از نوع نیم رسانا همچون سیلیکون مونوکریستال ، پلی کریستال یا سیلیسیم می باشد



تصویری از پنل های خورشیدی مستقر در دانشگاه صنعتی شاهرود

۴.لایه پشتی یا بک‌شیت (Backsheet)

لایه‌ای پلاستیکی و مقاوم در پشت پنل است که وظیفه آن محافظت از پشت پنل در برابر شرایط محیطی همانند رطوبت، حرارت، آسیب مکانیکی و ..... حاصل می کند

۵.قاب آلومینیومی

قاب فلزی از جنس آلمینوم است که همه لایه ها را در کنار هم نگه می‌دهد و وظیفه این قطعه استحکام ساختاری، تسهیل نصب و اتصال مکانیکی پنل به سازه‌ها زیر پنل می باشد

۶.جعبه اتصال

قطعه‌ای در پشت پنل که کابل‌ها و دیودهای بای‌پس را در خود جای می‌دهد و مهم ترین نقش آن انتقال جریان خروجی به سیستم و محافظت در برابر برگشت جریان یا داغ شده سلول‌ها است

نتیجه ای از ساختار کلی پنل خورشیدی :

ساختار چندلایه‌ی پنل‌های خورشیدی باعث این می‌شود که این دستگاه‌ها در عین بهره وری بالا، دوام طولانی و مقاومت خوبی در برابر شرایط محیطی داشته باشند. محققان و دانشمندان با طراحی دقیق هر یک از این اجزا در عملکرد کلی و طول عمر پنل نقش تعیین کننده‌ای را ایفا کردند.

طریقه نصب پنل‌های خورشیدی

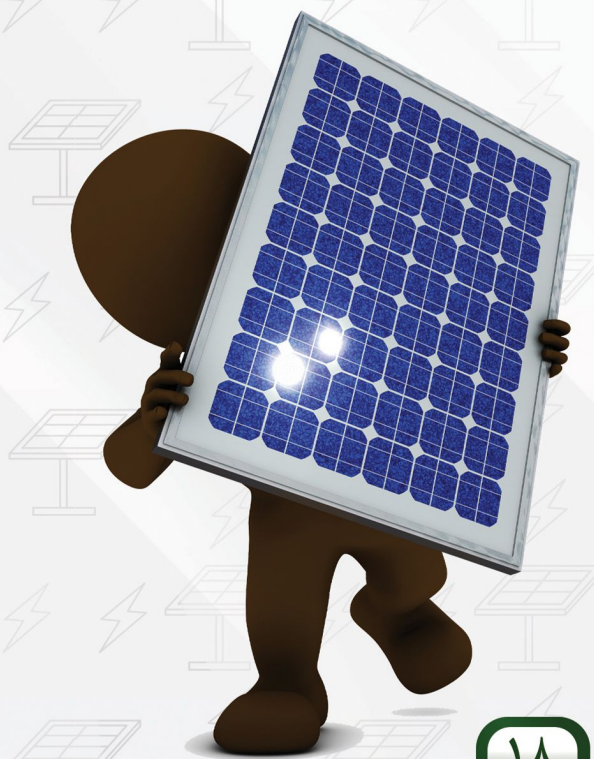
نصب این نوع پنل ها یکی از مهم‌ترین مراحل در بهره‌برداری و استفاده مؤثر از انرژی خورشیدی به حساب می آید که کیفیت نصب مستقیماً بر عملکرد، راندمان و طول عمر سیستم تأثیر می‌گذارد

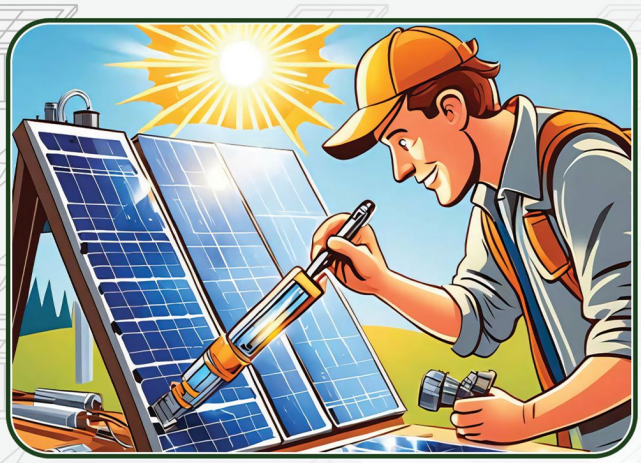
۱- بررسی و تحلیل محل نصب:

یکی از راهبردی ترین گام ها در نصب پنل های خورشیدی بررسی محل و مکان نصب پنل است خودش به شاخه های مهمی تقسیم بندی می شود اعم از : الف) **بررسی زاویه تابش خورشید** (برای حداکثر جذب نور خورشید و انرژی زاویه نصب پنل‌ها باید نسبت به عرض جغرافیایی منطقه محل نصب انتخاب شود (مثلاً در عرض جغرافیایی ۴۵ درجه، زاویه ۴۰-۴۵ درجه مطلوب است) ب) **جهت‌گیری پنل‌ها** (پنل ها در جهت درستی باید نصب شوند که حداکثر نور و انرژی را دریافت کند)

ج) **عدم وجود هر گونه ایجاد سایه** (باید در مکانی نصب شود که هیچ سایه جانبی بجز ابر ها مانع نوررسانی شود)

د) **ارتفاع از سطح زمین** (شاخصه آخر در تحلیل مکان نصب ارتفاع از سطح زمین می باشد گه نقش موثری دارد)





۲- طراحی سیستم و جانمایی پنل‌ها

الف) تعداد و توان پنل‌ها براساس نیاز مصرفی (مثلاً ۵ کیلووات) **ب)** نوع اینورتر مورد استفاده(سری، میکرواینورتر یا مرکزی) **ج)** طراحی سیم‌کشی و حفاظت الکتریکی(زیر زمینی یا روی کار) **د)** نقشه مکانیکی سازه نگهدارنده و نحوه چینش ماژول‌ها **ذ)** مسیر کابل‌کشی و موقعیت تجهیزات جانبی

۳- نصب سازه نگهدارنده (سازه نگهدارنده یکی از بخش‌های مهم در نصب پنل برای ایمنی و نگهداری آنها لست)

الف) جنس سازه (ساخته‌شده از آلومینیوم یا فولاد گالوانیزه ضدزنگ) **ب)** مقاومت در برابر حوادث طبیعی (مانند باد، باران، یخ‌زدگی و زلزله) **ج)** قابلیت هیدرولیکی و تنظیمی (برای تنظیم زاویه و جهت) **د)** اتصالات سازه(نصب با پیچ‌های ضدزنگ و بست‌های مقاوم)

۴- مرحله نصب پنل‌های خورشیدی

پنل‌ها باید مطابق نقشه طراحی روی سازه نصب شوند. در این مرحله نکات مهمی وجود دارد برای مثال پنل‌ها باید با پیچ‌های استاندارد و واشر مناسب روی ریل‌ها بسته شوند تا باعث آسیب به پنل نشود. فاصله بین پنل‌ها و سطح سازه حفظ شود تا خنک سازی طبیعی انجام گیرد. برچسب‌ها و شماره سریال پنل‌ها باید به گونه ای نصب شود تا قابل مشاهده برای دیگر مهندسان باشد . اتصال سری یا موازی پنل‌ها بر اساس طراحی ولتاژ و جریان نیز صورت گیرد .

۵- نصب اینورتر و تجهیزات جانبی

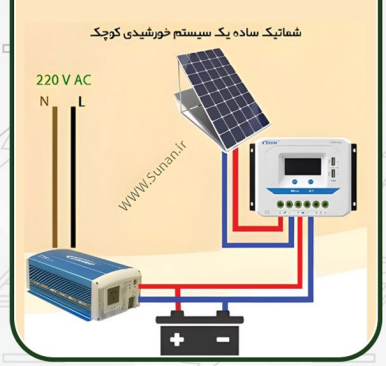
در محل نصب اینورتر ها باید تهویه مناسب وجود داشته باشد و فاقد هرگونه رطوبت و ..... باشد همچنین نیز باید در محلی باشد که در دسترس همگان نباشد. مسیر کابل‌ها باید کوتاه و با کمترین افت ولتاژ طراحی و قرارگیری شود.

جعبه اتصال مورد نیاز باید استاندارد IP۶۵ باشد تا در برابر گرد و غبار و رطوبت مقاوم باشد. همچنین فیوز، دیود بای پس ، کلید قطع‌کننده DC و AC و آنتی‌سرج‌ها نصب شود . اتصال سیستم به ارت (سیمی که به زمین اتصال دارد) برای ایمنی کار نیز الزامی می باشد

۶- سیم‌کشی و اتصال به شبکه یا باتری

سیم‌کشی باید با کابل‌های مخصوص خورشیدی (Solar Cable) با استاندارد UV-Resistant انجام شود مه این استاندارد های جهانی برای این ایت که بیشترین راندمان را داشته باشند .همچنین نیز از کانکتورهای استاندارد (MC۴) استفاده شود .

تصویری از پنل های خورشیدی مستقر در دانشگاه صنعتی شاهرود



تمام این سیم کشی ها رنگ‌بندی متفاوتی دارند که برای مثال کابل‌های قرمز برای مثبتو مشکی برای منفی ،که نیز باید رعایت گردد. نکته دیگر اینجا در صورت استفاده از باتری، مدار شارژکنترلر نیز باید نصب گردد و و در غیر این صورت باید به برق مصرفی شبکه اتصال داشته باشد.

شش بخش بالا از مهم ترین مراحل نصب می باشد که سرانجام تمام این کار ها با سر انجام رساندن دو مرحله مهندسی که عبارت اند از **الف) راه اندازی و تست سیستم** و **ب) آموزش، مستندسازی و تحویل سیستم** می باشد ، پایان می یابد.

عمر مفید پنل های خورشیدی

عمر پنل های خورشیدی به عواملی مانند ،جنس مواد به کار رفته ،کیفیت نصب ، نوع نگهداری و... بستگی دارد اما به طور میانگین عمر استاندارد پنل های خورشیدی بین ۲۵ تا ۳۰ سال است حتی برخی از آنها بیشتر از ۳۰ سال کار می کنند این به معنا آن نیست که پنل‌ها بعد از این مدت کاملا از کار می‌افتند ، بلکه بعد از ۲۵ سال، توان خروجی پنل معمولاً به حدود ۸۰ درصد توان اولیه کاهش می‌یابد.

راندمان پنل‌های خورشیدی با گذر زمان به تدریج کاهش می‌یابد، که این کاهش به طور متوسط حدود ۰/۵ تا ۱ درصد در سال است. عوامل مختلفی نظیر دمای محیط، آسیب دیدگی، آلودگی، و زاویه قرارگیری پنل‌ها می‌توانند بر این کاهش راندمان تأثیر گذارند

پنل‌های خورشیدی زیر ذره‌بین

مجید عامری
مهندسی مکانیک ورودی ۱۴۰۲

مقایسه‌ی فناوری‌ها و عملکردها

همونطور که میدونین پنل های خورشیدی انواع مختلفی دارن و باتوجه به فناوری به کار رفته در اونها یا قابلیت ها و میزان بازدهی که دارن دسته بندی میشن.در ادامه انواع پنل هارو باهم بررسی و مقایسه می کنیم.

۱- پنل های مونو کریستال (Monocrystalline Solar Panel) :

پنل های مونوکریستال از یک بلور یکنواخت سیلیکون خالص ساخته میشن.این بلور ها از طریق فرآیند کراسل رشد می کنن سپس به صورت ورقه‌هایی بسیار نازک برش داده میشن. از اونجا ساختار کریستال به صورت منظم و یکدسته حرکت الکترون‌ها درون آن بسیار روان‌تر انجام می‌شود.

این نوع پنل‌ها معمولاً به رنگ مشکی هستند و سلول‌های خورشیدی در آن‌ها دارای گوشه‌های گرد می‌باشند که باعث می‌شود بین سلول‌ها کمی فاصله بیفتد.

بیشترین استفاده این پنل‌ها در کاربردهایی است که فضای نصب محدود است اما نیاز به بازدهی بالا وجود دارد. از جمله پشت‌بام خانه‌ها در مناطق شهری از مزایای مهم این نوع پنل بازدهی بالاتر نسبت به دیگر پنل ها اشاره کرد.

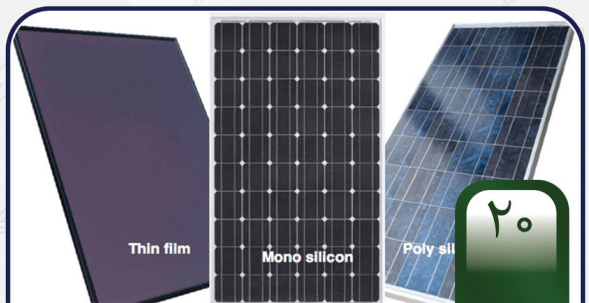
اما عیب بزرگی که داره ضایعات کریستالی هست که از ساخت این نوع پنل تولید میشه.

۲- پنل‌های خورشیدی پلی‌کریستال (Polycrystalline Solar panel) :

پنل‌های پلی‌کریستال از ترکیب چندین کریستال سیلیکون ساخته میشن. این کریستال‌ها درون قالب‌هایی ریخته میشن و سپس به صورت بلوک منجمد میشن در نتیجه ساختاری با مرزهای کریستالی مختلف به‌دست میاد که حرکت الکترون‌ها در آن با مقداری مقاومت مواجه می‌شود.

ظاهر آن‌ها معمولاً به رنگ آبی با سطحی شبیه به کاشی های کنار هم قرار گرفته است که ناشی از ساختار نامنظم کریستال‌هاست.

اغلب مناسب مناطقی که فضای کافی برای نصب پنل‌های بیشتراز مزیت های این مدل



از پنل ها فرآیند ساخت ساده‌تر و سازگاری با محیط زیست هست اما عیب بزرگ این مدل در مقایسه با مونوکریستال ها عملکرد ضعیف تر در شرایطی که نور خورشید کمتر هست که همین باعث پایین آمدن بازدهی این مدل شده.

۳- پنل‌های فیلم نازک (Thin-Film Solar Panels) :

این پنل‌ها از لایه‌های بسیار نازکی از مواد نیمه‌رسانا مثل تلوراید کادمیوم (CdTe)، سیلیکون آمورف (a-Si) یا سلنید مس ایندیوم گالیوم (CIGS) تشکیل شده‌اند. این لایه‌ها روی بسترهایی مثل شیشه، پلاستیک یا فلز رسوب داده میشن.

سطح این پنل‌ها کاملاً یکنواخت، مات و یکپارچه است. اغلب به رنگ خاکستری تیره یا مشکی دیده میشن و انعطاف‌پذیرتر از پنل های سیلیکونی هستن.

از سری کاربرد این مدل از پنل ها چالش روز دنیای خودروهاست یعنی خودروهای برقی یا وسایل نقلیه خورشیدی که برای تامین برق این وسایل یا خودرو ها چی بهتر از انرژی پاک خورشید مزیت بسیار مهم این مدل از پنل ها جدای از ارزان بودن میتوان به انعطاف و سبک بودن این نمونه اشاره کرد چرا که این مدل از پنل ها روی سطوحی که وزن زیادی تحمل نمیکنن هم قابل نصب هست و میتونه پرتو های غیرمتمرکز رو هم به خودش جذب کنه.

امااا این مدل برای اینکه بازدهی به اندازه پنل های کریستالی داشته باشه مساحت بیشتری اشغال میکنه و این موضوع باعث کمتر استفاده شدن این مدل میشه.

۴- پنل‌های ترکیبی یا BIPV (Building Integrated Photovoltaics) :

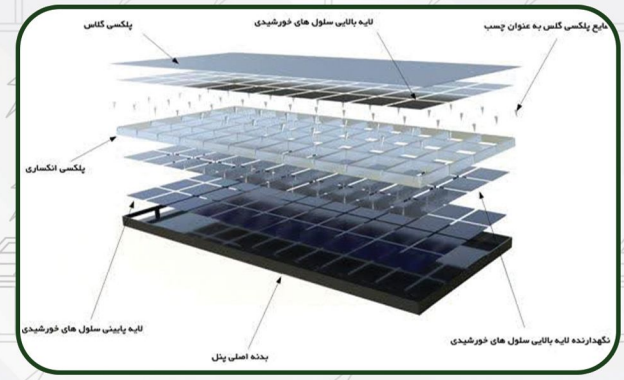
پنل‌های BIPV نوعی فناوری نوظهور هستن که در اون سیستم‌های خورشیدی به صورت یکپارچه در عناصر ساختمانی مثل سقف، نمای شیشه‌ای، پنجره‌ها یا دیوارها تعبیه میشن. این پنل‌ها میتونن از نوع مونوکریستال، فیلم نازک یا تکنولوژی‌های هیبریدی باشن.

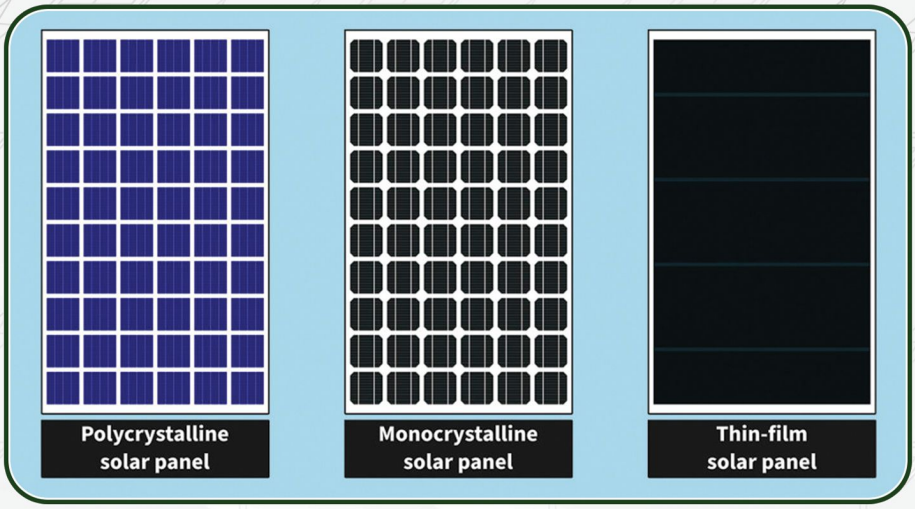
نکته جالب این مدل اینه که در فضا های کوچکی قابل اجراست و دیگه لزوما نیاز به مساحت های چند صد مترمربعی برای بازدهی بیشتر نیست بلکه با ادغام کردن پنل و اجزای ساختمون در فضا صرفه جویی میشه.

بسته به نوع طراحی، این پنل‌ها میتونن به شکل شیشه‌های نیمه‌شفاف، کاشی‌های سقفی خورشیدی یا پنل‌های نما باشن و با طراحی معماری هماهنگ بشن.

ردپای این پنل هارو ما در ساختمان های مسکونی یا تجاری با رویکرد انرژی صفر میبینیم که هدف این پروژه ها هست و قطعا استفاده از انرژی خورشید به این پروژه ها کمک میکنه.

اما هزینه اولیه بالا و دشواری و پیچیدگی در طراحی و نصب این مدل از پنل ها از معضلات این طرح خوب شده.





مقایسه جامع انواع پنل‌های خورشیدی

ویژگی	مونوکریستال	پلی‌کریستال	فیلم نازک	پنل ترکیبی(BIPV)
راندمان (Efficiency)	بسیار بالا (۱۸–۲۲٪)	متوسط (۱۵–۱۸٪)	پایین (۱۰–۱۲٪)	متغیر (بسته به فناوری به‌کار رفته)
قیمت اولیه	بالا	متوسط	پایین	بسیار بالا
طول عمر	۲۵ تا ۳۰ سال	۲۰ تا ۲۵ سال	۱۰ تا ۲۰ سال	متغیر (وابسته به مصالح ساختمانی)
عملکرد در نور کم	بسیار خوب	قابل قبول	خوب تا عالی	خوب (بسته به زاویه و طراحی)
مقاومت در برابر گرما	خوب	متوسط	عالی	خوب تا عالی
وزن و ضخامت	نسبتاً سنگین و ضخیم	مشابه مونوکریستال	سبک و نازک	متنوع (بسته به کاربرد)
نیاز به فضا	کم (بازدهی بالا در فضای محدود)	متوسط (نیاز به پنل‌های بیشتر)	زیاد (راندمان پایین‌تر)	معمولاً سطح وسیعی از سازه را پوشش می‌دهد
کاربرد اصلی	ساختمان‌های مسکونی و صنعتی	پروژه‌های اقتصادی و گسترده	پروژه‌های سبک و متحرک	طراحی معماری پایدار و نمای سبز

چگونه ساخته میشود؟
سلول خورشیدی فتوولتاییک

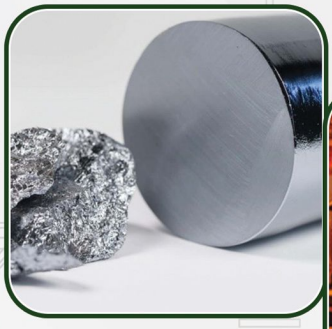
محمد حقانی
مهندسی مکانیک ورودی ۱۴۰۲

سلول خورشیدی فتوولتاییک

سلول‌های خورشیدی فتوولتاییک (PV) قلب فناوری انرژی خورشیدی هستند که نور خورشید را مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می‌کنند و در ادامه شما را گام‌به‌گام با فرآیند تولید سلول های خورشیدی سیلیکونی، که رایج‌ترین نوع سلول‌های PV هستند، آشنا می‌کند.

گام ۱: استخراج و تصفیه سیلیکون

ماده اصلی سلول‌های خورشیدی، سیلیکون با خلوص بالاست. سیلیکون از شن کوارتز (دی اکسید سیلیکون) استخراج می‌شود. ابتدا کوارتز در کوره‌های قوس الکتریکی با کربن حرارت داده می‌شود تا سیلیکون فلزی با خلوص حدود ۹۸٪ تولید شود. سپس این سیلیکون طی فرآیندهای شیمیایی پیچیده تصفیه می‌شود تا به سیلیکون پلی‌کریستالین با خلوص ۹۹/۹۹۹۹٪ (۶N) برسد، که برای سلول‌های خورشیدی مناسب است.

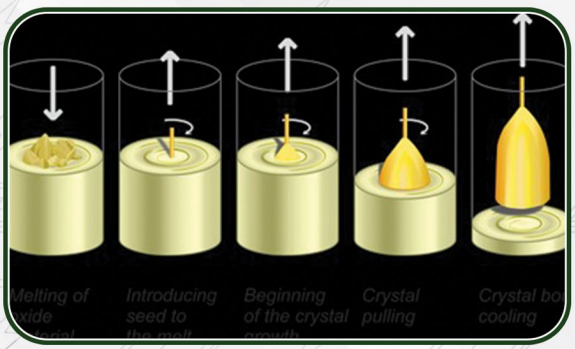


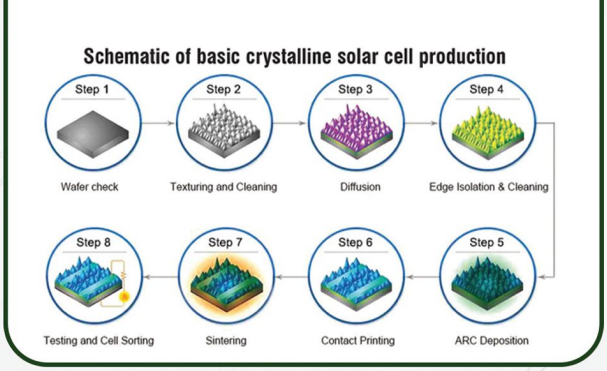
گام ۲: تولید شمش‌های سیلیکونی

سیلیکون تصفیه‌شده به شکل شمش‌های بزرگ و استوانه‌ای تبدیل می‌شود. برای سلول های تک‌کریستالی، از روش چوخرالسکی (Czochralski) استفاده می‌شود: سیلیکون مذاب در یک بوته ذوب شده و یک کریستال بذری به آرامی از آن کشیده می‌شود تا یک شمش تک‌کریستالی تشکیل شود. برای سلول های پلی‌کریستالی، سیلیکون مذاب در قالب های مستطیلی ریخته و خنک می‌شود تا شمش‌های چندکریستالی تولید شوند ،

دو نوع کریستال برای ساخت سلول خورشیدی داریم:

- مونوکریستال (Monocrystalline) - بازده بالا، ظاهر مشکی
- پلی‌کریستال (Polycrystalline) - ارزان‌تر، بازده کمتر، ظاهر آبی



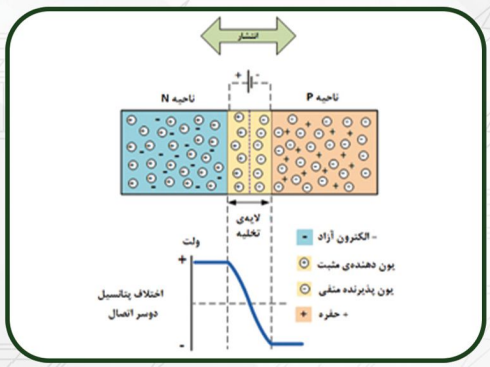


گام ۳: برش ویفرهای سیلیکونی

شمش‌های سیلیکونی به ویفرهای نازک (حدود ۱۵۰-۲۰۰ میکرومتر) برش داده می‌شوند. این کار با استفاده از اره‌های سیمی الماسه انجام می‌شود که صدها ویفر را به طور همزمان برش می دهند. ویفرها سپس صیقل داده شده و تمیز می شوند تا عیوب سطحی حذف شوند.

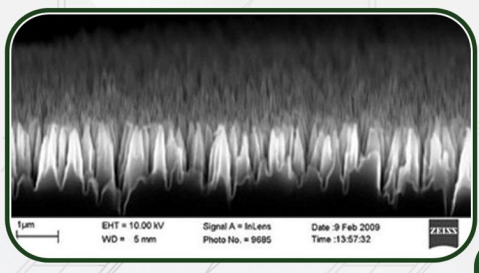
گام ۴: دوپینگ و ایجاد پیوند P-N

برای ایجاد خاصیت فتوولتاییک، ویفرهای سیلیکونی دوپ (دوپینگ) می‌شوند. ویفرهای نوع P (معمولاً با بور دوپ شده) با افزودن لایه‌ای نازک از فسفر (نوع N) در سطح بالایی، پیوند P-N تشکیل می‌دهند. این کار از طریق فرآیند نفوذ حرارتی یا رسوب شیمیایی انجام می‌شود. پیوند P-N امکان تولید جریان الکتریکی از نور را فراهم می‌کند.



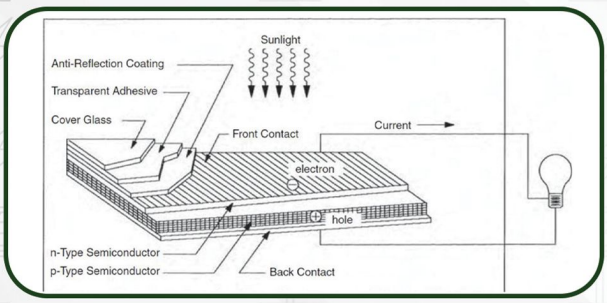
گام ۵: افزودن لایه ضد انعکاس

برای افزایش جذب نور، یک لایه ضد انعکاس (معمولاً نیترید سیلیکون یا اکسید تیتانیوم) روی سطح ویفر اعمال می‌شود. این لایه با استفاده از تکنیک‌هایی مانند رسوب شیمیایی بخار پلاسما (PECVD) اضافه می‌شود و باعث کاهش بازتاب نور و بهبود راندمان سلول می‌شود.



گام ۶: افزودن اتصالات الکتریکی

الکترودهای فلزی (معمولاً نقره برای جلو و آلومینیوم برای پشت) از طریق چاپ سیلک اسکرین روی ویفر اعمال می‌شوند. این الکترودها جریان الکتریکی تولیدشده توسط سلول را جمع‌آوری می‌کنند. سپس ویفرها در کوره حرارت داده می‌شوند تا اتصالات فلزی تثبیت شوند.



گام ۷: آزمایش و مونتاژ سلول‌ها به پنل (ماژول‌سازی)

سلول‌های تکی (معمولاً ۶۰، ۷۲ یا ۹۶ سلول) به صورت سری و موازی به هم جوش داده شده و درون یک لایه محافظ پلاستیکی (EVA)، شیشه مقاوم، قاب آلومینیومی و جعبه اتصال (Junction Box) بسته‌بندی می‌شوند.

سلول‌های خورشیدی آزمایش می‌شوند تا راندمان، ولتاژ و جریان خروجی آن‌ها بررسی شود. سلول‌های سالم با لایه‌های محافظ (مانند شیشه و پلیمر) لمینیت شده و در ماژول‌های خورشیدی مونتاژ می‌شوند. این ماژول‌ها برای نصب در نیروگاه‌های خورشیدی یا سیستم‌های خانگی آماده می‌شوند.

وقتی پنل‌ها ساخته شدند، برای مصرف خانگی به تجهیزات زیر نیاز داریم:

۱. پنل خورشیدی (Solar Panel)
۲. اینورتر (Inverter) - تبدیل برق DC به AC
۳. شارژ کنترلر
۴. باتری (Battery) - برای ذخیره برق در شب
۵. تابلو برق خورشیدی، کابل، پایه و بست‌ها

سرگرمی جدول ماز