

## واحد یادگیری ۲

### انرژی های تجدید پذیر (نصب سامانه فتوولتاییک)

#### آیا می دانید

- انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر با یکدیگر چه تفاوتی دارد؟
- کشور ایران در تولید برق خورشیدی (فتوولتاییک) دارای چه پتانسیلی است؟
- سامانه فتوولتاییک چه کاربردهایی دارد؟
- برق تولید شده توسط سامانه فتوولتاییک قابل اتصال به شبکه برق سراسری است؟

#### استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود مشخصه فنی قطعات سامانه فتوولتاییک را تفسیر کنند و نصب قطعات سامانه فتوولتاییک را با توجه به منطقه محل نصب انجام دهند. سامانه فتوولتاییک در تولید انرژی الکتریکی پاک، برق اماکن و مناطق دور از شبکه برق سراسری، چراغ های راهنمایی رانندگی، روشنایی فضاهای سبز و پارک ها و ایستگاه های مخابراتی بین راهی و نظایر آن کاربرد دارد.

#### مقدمه

افزایش مصرف انرژی و محدودیت منابع سوخت های فسیلی تأمین کننده انرژی، سالم نگهداشتن محیط زیست، کاهش آلودگی هوا، محدودیت های برق رسانی برای نقاط و روستاهای دور افتاده، استفاده از انرژی های نو یا تجدید پذیر را ضروری می نماید. انرژی های تجدید پذیر مثل انرژی باد، انرژی خورشید، هیدروژن، انرژی های زمین گرمایی و زیست توده می تواند در آینده جایگاه ویژه ای در تولید انرژی الکتریکی داشته باشد. به نظر شما کشور ایران پتانسیل کدام یک از انرژی های تجدید پذیر را دارد؟

#### انواع منابع انرژی

منابع انرژی که در صورت مصرف کم نشده و در مدت کوتاه دوباره احیا می شود اصطلاحاً تجدید پذیر گفته می شود و منابعی که در مدت کوتاه پس از مصرف بوجود نمی آید تجدید ناپذیر نام دارد. در جدول شماره ۱، منابع انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر، معرفی شده است.

## جدول ۱ - منابع انرژی

منابع انرژی	
منابع انرژی تجدید ناپذیر: منابعی که در صورت مصرف می‌شود و در مدت کوتاه دوباره به وجود نمی‌آیند.	منابع انرژی تجدید پذیر: منابعی که در هر صورت مصرف منبع اصلی کم نشده و در مدت کوتاه دوباره احیای می‌شوند.
نفت و گاز - زغال سنگ، اورانیوم، سوخت‌های فسیلی	باد و خورشید، زمین گرمایی، زیست توده، امواج دریا
پیامدها: مشکلات زیست محیطی، افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمای زمین، آلودگی هوا و آبها، تمام شدن این منابع	پیامدها: اشتغال‌زایی، افزایش رفاه، سلامت محیط زیست، منبع انرژی رایگان، تولید انرژی آسان، کاهش آلودگی هوا و رفع محدودیت برق رسانی در نقاط و روستاهای دور دست مناطق کشور، اشتغال‌زایی بیشتر نسبت به استفاده از منابع فسیلی

در شهرهای اشاره شده در جدول ۲، کدام یک از منابع انرژی تجدیدپذیر در تولید انرژی مورد استفاده قرار گرفته است؟

تمرین



## جدول ۲ - منابع انرژی در شهرهای مختلف

شهر	استان	منبع انرژی	دلیل انتخاب
منجیل	گیلان	انرژی باد	منطقه کوهستانی و بادخیز
مشکین شهر	اردبیل		
یزد	یزد		
مسجد سلیمان	خوزستان		
تهران	تهران	زیست توده	

معرفی منبع انرژی تجدید پذیر در ایران (فیلم سمینار سیستم‌های خورشیدی) (زمان تقریبی "۳۰': ۵")

نمایش فیلم



در مورد تأثیر گذاری انواع مختلف منابع انرژی بر روی محیط زیست با هم کلاسی‌های خود بحث کنید و با توجه به نتایج بحث کلاسی، جدول شماره ۳ را کامل نمایید.

تمرین

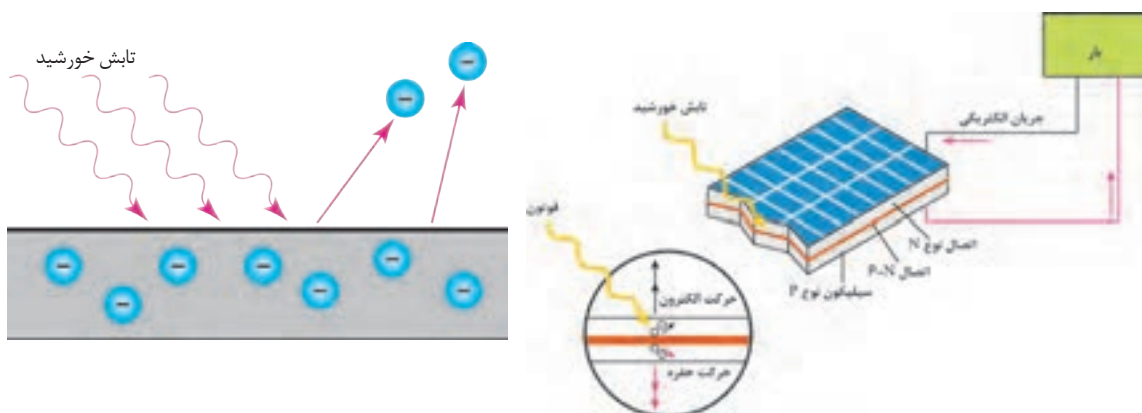


جدول ۳- تأثیرات انرژی بر محیط و اقلیم

انواع منبع	منابع انرژی	حیات وحش	آلودگی هوا	تغییر اقلیم	نمونه تأثیرگذاری
تجدیدناپذیر	زغال سنگ	بسیار زیاد			اثرات محیطی معادن زغال سنگ
	نفت خام و فرآورده های نفتی		متوسط تا زیاد		
	گاز طبیعی				
تجدیدپذیر	هسته ای	زیاد			نیروگاه هسته ای چرنوبیل
	زیست توده		کم تا متوسط		
	باد			خیلی کم	
	خورشید				
	زمین گرمایی	نزدیک صفر		کم	

## تعریف فتولتاییک

پدیده ای که در اثر آن و بدون استفاده از عملیات مکانیکی انرژی تابشی خورشیدی به انرژی الکتریکی تبدیل شود. ذرات فوتون نور بعد از برخورد به صفحه کریستالی باعث حرکت الکترون ها و جریان الکتریکی می شود (شکل ۱).



شکل ۱- پدیده فتولتاییک

نحوه تولید الکتریسیته در پدیده فتولتاییک (زمان ۱۱: ۵)

نمایش فیلم



## جایگاه فتوولتایک در ایران

کشور ایران از تابش مناسبی در میان دیگر کشورها برخوردار است. متخصصان این فناوری معتقدند با وجود ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم سال و متوسط تابش ۴/۵ تا ۵/۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز، ایران یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در این زمینه معرفی شده است. برخی از کارشناسان انرژی خورشیدی

گام را از این هم فراتر نهاده و ادعا می‌کنند که در صورت تجهیز بیابان‌های ایران به سامانه‌های دریافت انرژی تابشی می‌توان انرژی مورد نیاز بخش‌های بزرگی از منطقه را تأمین کرد. در شکل ۲، میزان تابش خورشیدی در مناطق مختلف نشان داده شده است.



شکل ۲- اطلس تابش خورشید ایران

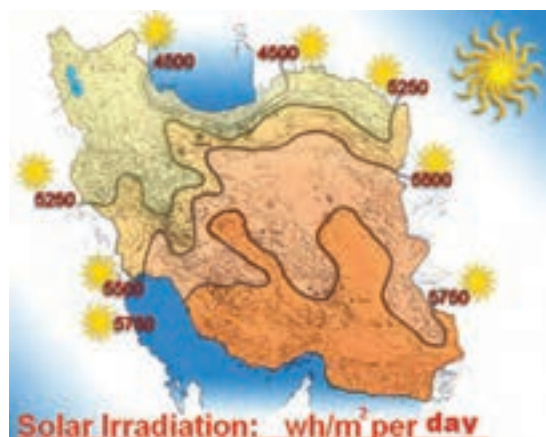
کدام یک از استان‌های کشورمان ایران، ظرفیت بیشتری برای تولید انرژی الکتریکی خورشیدی دارد؟

تحقیق کنید



کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۵ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. معمولاً برای سیستم‌های فتوولتایک شرایط استاندارد با قدرت تابش خورشید برابر  $1000 \text{ W/m}^2$  و دمای محیط برابر ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعریف می‌شود. با توجه به مشخصات محیطی محل نصب، باید پارامترهای مشخصه برای محل مورد نظر مطابقت داده شود. شدت تابش، با معیار دیگری به نام PSH تعریف شده، که برابر با تعداد ساعاتی است که در آن میزان انرژی تابش خورشید برابر  $\text{kWh/m}^2$  است به عبارت دیگر هر  $1 \text{ kWh/m}^2$  برابر یک PSH است. (شکل ۳).

۱. PSH: Peak Solar Hours ساعات اوج تابش خورشیدی



شکل ۳- میزان انرژی تابش خورشید در روز

کمترین تابش در کشور ایران از بیشترین میزان تابش در کشور آلمان بیشتر است. به نظر شما کمترین تابش در ایران چند PSH است؟

تمرین

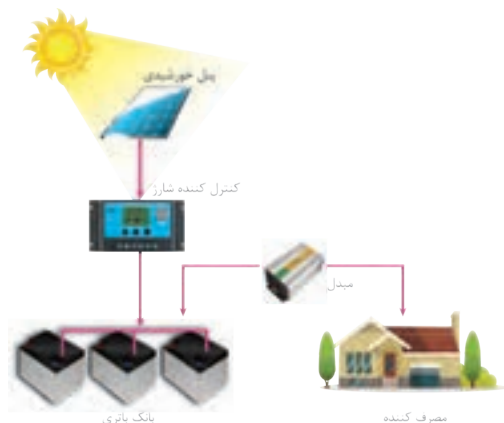


بر اساس گزارش آژانس بین المللی انرژی تجدیدپذیر، صنعت فتوولتائیک بیشترین اشتغال را در میان فناوری‌های تجدیدپذیر ایجاد نموده است.

## سامانه فتوولتائیک

سامانه فتوولتائیک مجموعه ای از تجهیزاتی است که با استفاده از نور خورشید، انرژی الکتریکی تولید می کند (شکل ۴). این اجزا عبارت اند از:

- مدول خورشیدی
- باتری
- کنترل کننده شارژ
- اینورتر (مبدل)



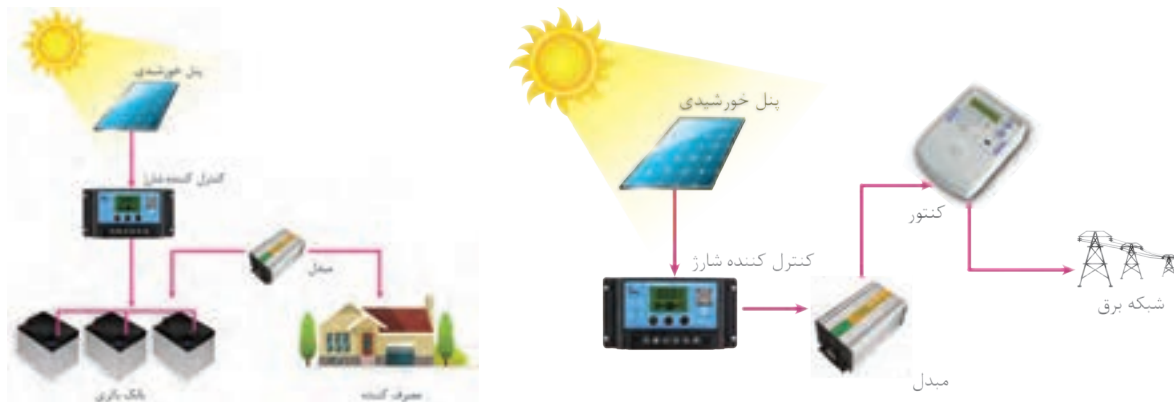
شکل ۴\_ اجزای تشکیل دهنده سامانه فتوولتائیک

– انواع روش های استفاده از سامانه های فتوولتائیک:

- سامانه مستقل از شبکه (Stand Alone):
- سامانه متصل به شبکه (Grid Connected):
- این سامانه از شبکه برق سراسری مجزا است .
- این سامانه به شبکه برق سراسری متصل است .



با استفاده از شکل ۵ چه تفاوت هایی بین این دو نوع سامانه دیده می شود؟ در مورد آنها بحث کنید.



ب- سامانه فتوولتاییک مستقل از شبکه

شکل الف- سامانه فتوولتاییک متصل به شبکه

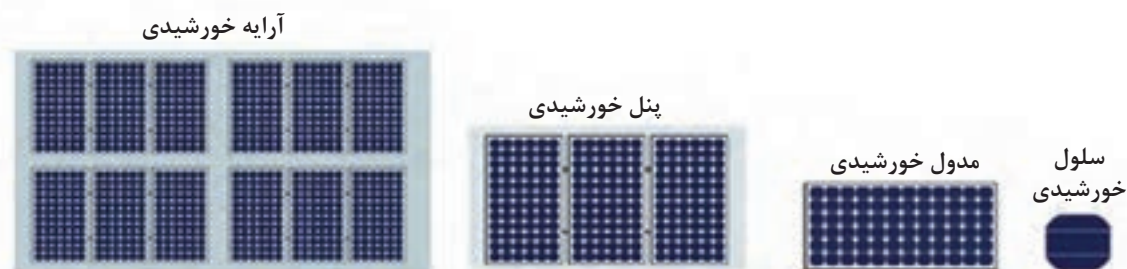
شکل ۵- سامانه متصل به شبکه و مستقل از شبکه



سامانه متصل به شبکه و مستقل از شبکه ( زمان ۲۰:۳۰ )

## صفحات مبدل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی

صفحات مبدل انرژی خورشیدی از سلول، مدول، پنل و آرایه تشکیل می شود. از اتصال چند سلول، مدول و از کنار هم قرار گرفتن مدول پنل شکل می گیرد. با اتصال سری و موازی پنل، آرایه های خورشیدی ساخته می شود (شکل ۶).



شکل ۶- اجزای مختلف آرایه خورشیدی

## – ساختمان سلول‌های فتولتاییک

سیلیکون یکی از فراوان‌ترین عناصر موجود در کره زمین در حال حاضر است. این عنصر یک نیمه‌هادی بسیار مناسب برای استفاده در سیستم‌های فتولتاییک است. سلول‌های کریستالی سیلیکون، بسته به این که ویفرهای سیلیکونی به چه روش ساخته می‌شوند، به دو دسته کلی تقسیم بندی می‌شوند: مونوکریستال سیلیکونی و پلی کریستال سیلیکونی. دسته دیگر از سلول‌های کریستالی شامل گالیوم آرسناید است. بیشترین آرایه‌های فتولتاییک از نوع سیلیکونی است. در زیر انواع تکنولوژی ساخت سلول فتولتاییک آورده شده است. استانداردهای<sup>۱</sup> IEC۶۱۲۱۵, IEC۶۱۷۳۰ مشخصات فیزیکی پنل‌ها را معرفی می‌کند (شکل ۷).



شکل ۷- ابعاد مدول خورشیدی و تکنولوژی آن

تکنولوژی PV ( زمان ۵۷" : ۱')

نمایش فیلم



در مورد انواع دیگر فناوری ساخت سلول‌های فتولتاییک تحقیق و به کلاس درس ارائه کنید.

تمرین



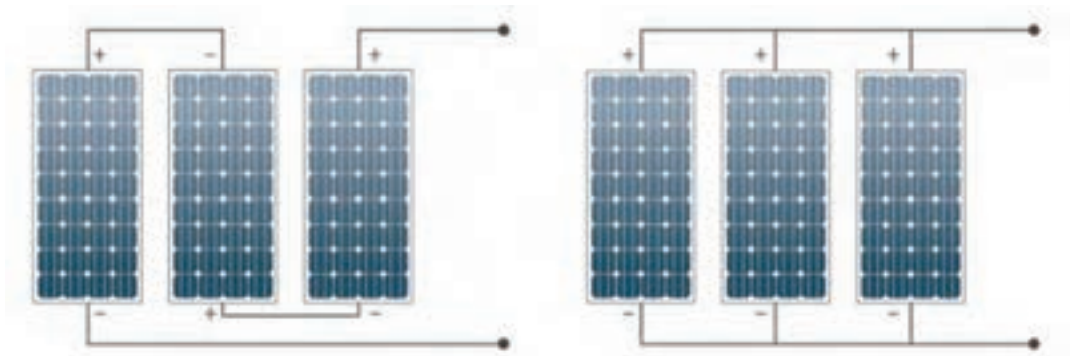
با اتصال چند سلول خورشیدی به صورت سری و موازی، مطابق شکل مقدار ولتاژ خروجی را در موقعیت‌های مختلف نور در روز امتحان کنید. اگر در اتصال سری موازی سلول‌ها، پلاریته مثبت و منفی درست رعایت نشود چه اتفاقی می‌افتد؟ (شکل ۸)

فعالیت



۱. IEC: International Electro technical Commission

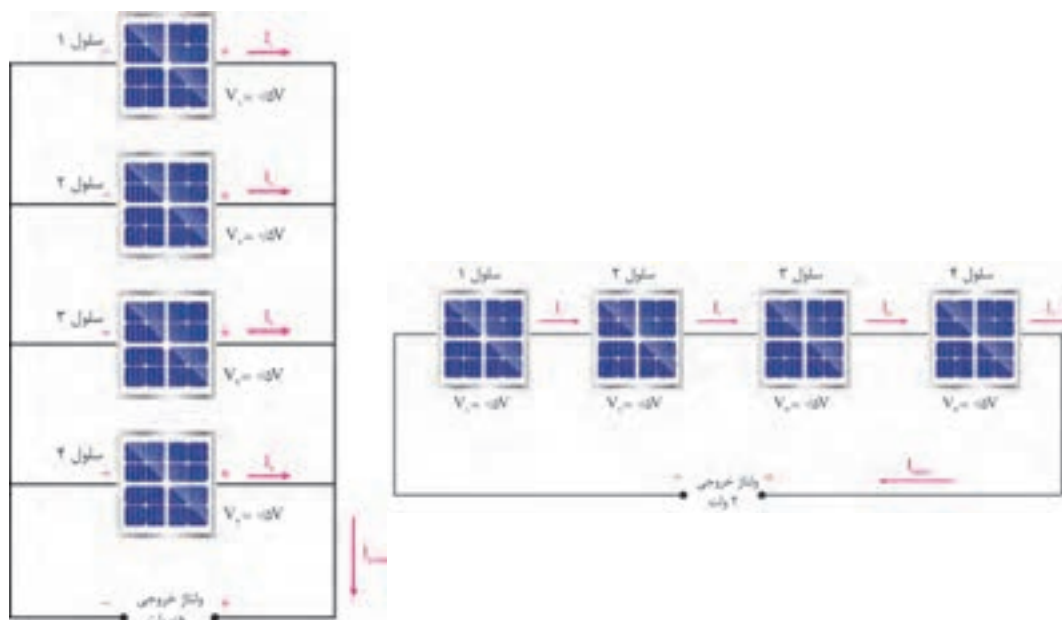




شکل ۸ - اتصال سری - موازی سلول‌های خورشیدی

### - اتصال سری - موازی مدول‌های خورشیدی

اتصال سلول‌های خورشیدی مانند پیل‌های الکتریکی است. اتصال موازی با هدف تولید جریان بیشتر و اتصال سری برای ایجاد ولتاژ بیشتر انجام می‌شود. ولتاژ و جریان خروجی مدول‌ها و آرایه‌ها از نوع مستقیم (DC) است (شکل ۹).



شکل ۹ - اتصال سری و موازی سلول‌ها

موازی کردن مدول‌های خورشیدی ( زمان ۵۵" : ۳ )

نمایش فیلم



انرژی الکتریکی با استفاده از نور خورشید، تجدیدپذیر، بدون آلودگی و بی‌صدا است.



## – مشخصات مدول خورشیدی

مدول خورشیدی دارای مشخصات فنی مهمی است که در طراحی سیستم‌های فتوولتاییک مدنظر قرار می‌گیرد مهم‌ترین این پارامترها به شرح زیر است :

### توان خروجی :

برای یک نیروگاه کوچک خورشیدی مناسب است.

- ولتاژ و جریان ماکزیمم خروجی
- ولتاژ مدار باز (VOC)
- جریان اتصال کوتاه (ISC)
- راندمان مدول

در شکل ۱۰ یک مدول خورشیدی با کاتالوگ مشخصات فنی آورده شده است. پارامترهای مشخصه فنی آن را استخراج نمایید، چرا توان‌های خروجی متفاوتی برای مدول خورشیدی در نظر گرفته شده است؟

تمرین



### Electrical Properties (STC\*)

Module Type	320 W	315 W	310 W	305 W
MPP Voltage (Vmpp)	33.6	33.2	32.8	32.5
MPP Current (Impp)	9.53	9.50	9.45	9.39
Open Circuit Voltage (Voc)	40.9	40.6	40.4	40.1
Short Circuit Current (Isc)	10.05	10.02	9.96	9.93
Module Efficiency (%)	19.5	19.2	18.9	18.6
Operating Temperature (°C)	-40 ~ +90			
Maximum System Voltage (V)	1000			
Maximum Series Fuse Rating (A)	20			
Power Tolerance (%)	0 ~ +3			

\* STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Module Temperature 25 °C, AM 1.5

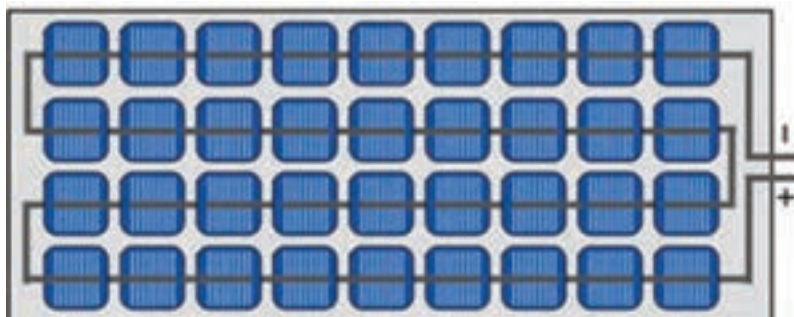
شکل ۱۰- کاتالوگ یک مدول خورشیدی



تصویر و متن زیر را تفسیر کنید.

In a typical module, 36 cells are connected in series to produce a voltage sufficient to charge a 12V battery. most modules contain 36 solar cells in series. This gives an open-

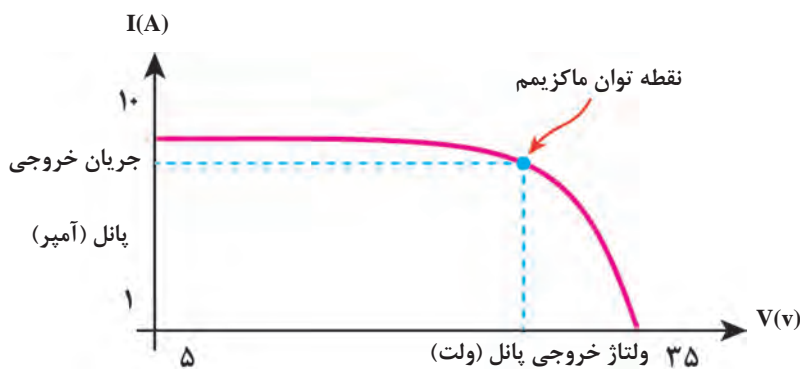
A typical module has, 36 cells are connected in series



circuit voltage of about 21V under standard test conditions, and an operating voltage at maximum power and operating temperature of about 17 or 18 V. The remaining excess voltage is included to account for voltage drops caused by other elements of the PV system, including operation away from maximum power point and reductions in light intensity.

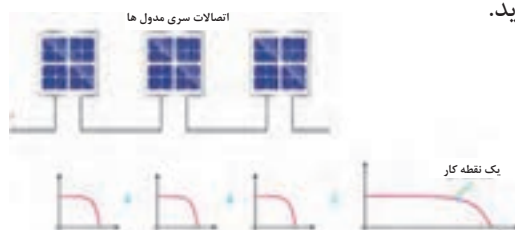
### - منحنی جریان - ولتاژ و توان ماکزیمم

در سامانه‌های فتوولتائیک با اتصال سری - موازی مدول‌های خورشیدی با توجه به توان خروجی موردنظر می‌توان به ولتاژ و جریان دهی مورد نظر دست یافت. سامانه‌های خورشیدی منفصل از شبکه در قسمت ولتاژ مستقیم با ۳ نوع ولتاژ ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ولت ساخته می‌شود در صورتی که در سامانه‌های خورشیدی متصل به شبکه ماکزیمم ولتاژ مستقیم خروجی سامانه حدود ۶۰۰ ولت است. برای دستیابی به ولتاژ بالا مدول‌های خورشیدی با یکدیگر سری می‌شوند. اتصال مدول‌ها باید به نحوی باشد تا در منحنی مشخصه جریان / ولتاژ یک نقطه برای توان ماکزیمم وجود داشته باشد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- منحنی جریان ولتاژ مدول خورشیدی

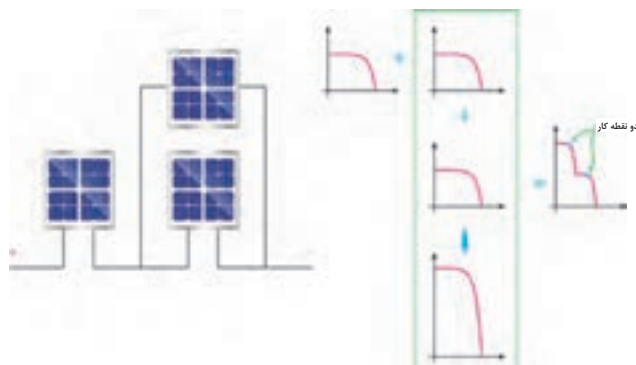
اگر مدول‌های خورشیدی به نحو صحیح با یکدیگر سری شوند در نهایت نقطه توان ماکزیمم جدید و درستی به دست می‌آید. به عنوان مثال مطابق شکل ۱۲ با سری کردن ۳ مدول خورشیدی منحنی جریان ولتاژ جدید و توان ماکزیمم جدید به دست می‌آید.



شکل ۱۲ - اتصال سری ۳ مدول خورشیدی و مشخصه نهایی با یک نقطه توان ماکزیمم

جریان ولتاژ دو نقطه توان ماکزیمم را نشان می‌دهد و اتصال نادرست است. برای رفع این مشکل ابتدا تا رسیدن به حداکثر ولتاژ مجاز مدول‌ها با هم سری می‌شوند و در نهایت مدول‌های باقیمانده به صورت موازی با مدول‌های سری شده نصب می‌شوند.

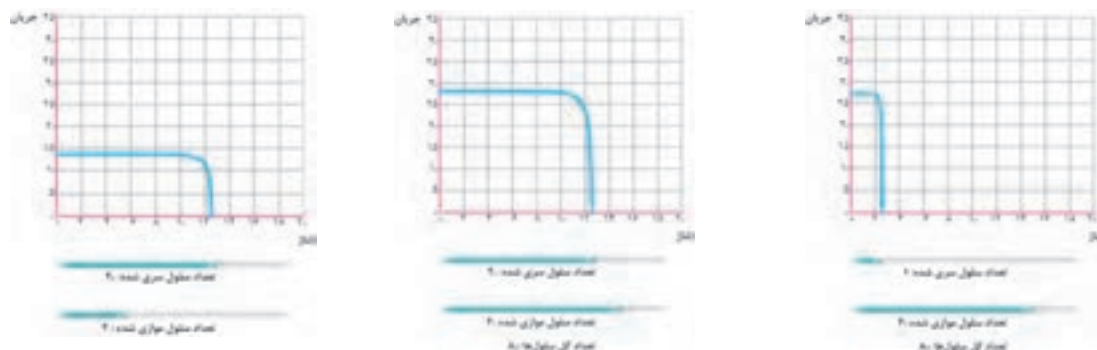
ایجاد ۲ نقطه توان ماکزیمم در یک سیستم خورشیدی به معنای اتصال نادرست است و باعث افت شدید بازدهی و خطا در سیستم کنترل آن می‌شود. در شکل ۱۳ به دلیل اینکه ۲ مدول موازی شده جریان دهی متفاوتی نسبت به مدول دیگر دارند در نهایت منحنی



شکل ۱۳ - اتصال نادرست منجر به دو نقطه توان ماکزیمم شده است.

در سه حالت زیر، چه رابطه‌ای بین تعداد سلول‌های سری و موازی شده و منحنی جریان - ولتاژ آن اتصال وجود دارد. در مورد آن بحث و تبادل نظر کنید (شکل ۱۴).

سؤال



شکل ۱۴ - منحنی ولتاژ جریان

نمایش فیلم



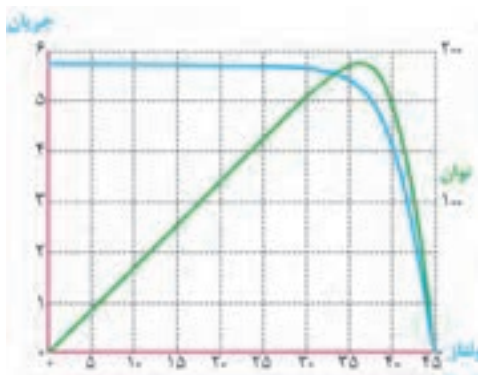
منحنی جریان \_ ولتاژ مدول خورشیدی ( زمان "۳۱: ۷')

شکل ۱۵ منحنی جریان ولتاژ یک مدول و ولتاژی برابر ۳۵ ولت خواهد داشت. مقدار توان خورشیدی را نشان می‌دهد. در یک نقطه کار این دهی مدول‌های خورشیدی و جریان دهی آنها به منحنی نشان می‌دهد سلول در دمای  $25^{\circ}C$  در میزان نور خورشید و دمای محیط و دمای روی توان دهی حدود  $192\text{ W}$  جریانی معادل  $5/5$  آمپر صفحه بستگی دارد.

سؤال



آیا ممکن است یک مدول خورشیدی چند نقطه کار مختلف داشته باشد؟



شکل ۱۵- منحنی ولتاژ - جریان و توان یک مدول

سؤال



آیا ممکن است این ولتاژ و جریان DC را به متناوب (AC) تبدیل کرد؟

نمایش فیلم



تبدیل ولتاژ مستقیم به متناوب ( زمان "۳۸: ۱')

کار عملی شماره ۱



هدف: نقطه کار مدول خورشیدی و ساختن بار مناسب

تجهیزات:

- مدول خورشیدی یک عدد
- ولت متر و آمپرمتر یک عدد
- لامپ خودرو (۱۲ ولتی) چند عدد
- مقاومت اهمی آجری چند عدد
- کاغذ شطرنجی یک برگ



شکل ۱-۱۵ اندازه‌گیری ولتاژ بی‌باری

### مراحل کار

الف (نقطه کار): ابتدا با در نظر گرفتن شرایط STC مدول خورشیدی را در راستای تابش نور خورشید قرار دهید و مقدار ولتاژ DC خروجی آن را اندازه‌گیری کنید. این مقدار را با مقدار ولتاژ Voc روی پلاک مدول مقایسه کنید (شکل ۱-۱۵).



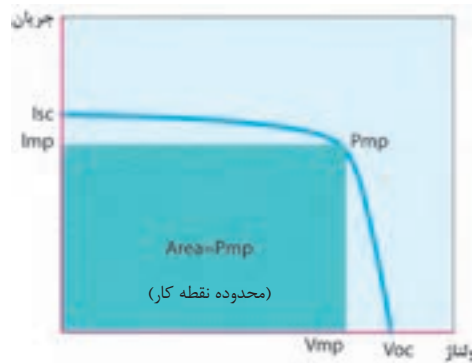
شکل ۲-۱۵ اندازه‌گیری جریان اتصال کوتاه

در مرحله بعدی مولتی‌متر را به حالت اندازه‌گیری جریان (معمولاً تا ۱۰A) ببرید و در همان شرایط قبلی مقدار جریان اتصال کوتاه (ISC) را اندازه‌گیری کنید. این مقدار حک شده را روی پلاک مدول خورشیدی مطابقت دهید (شکل ۱-۱۵-۲).

اکنون با رسم محور  $X$  و  $Y$  روی صفحه کاغذ شطرنجی محور افقی را برای ولتاژ و محور عمودی را برای جریان تقسیم‌بندی نمائید و مقادیر ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه را مشخص کنید.

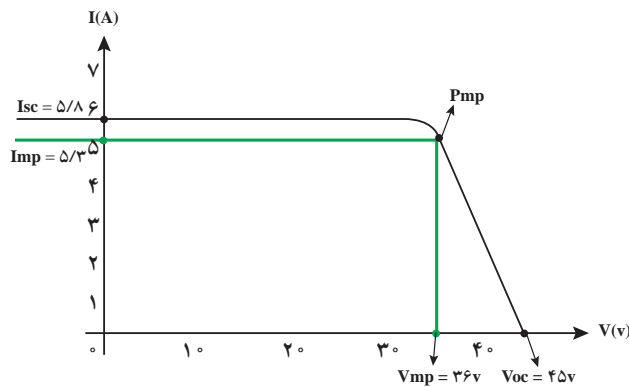
توجه: مقدار ولتاژ نقطه کار حدود ۸۰ درصد ولتاژ مدار باز و جریان نقطه کار حدود ۹۰ درصد جریان اتصال کوتاه است.

برای پیدا کردن نقطه کار ابتدا ولتاژ نظیر توان ماکزیمم  $V_{mp}$  را به دست آورید ( $V_{mp} = 0.8V_{oc}$ ) و در ادامه مقدار جریان ماکزیمم نظیر توان  $I_{mp}$  را محاسبه کنید ( $I_{mp} = 0.9I_{sc}$ ) سپس با ترسیم یک پاره خط به موازات محور جریان منحنی تقریبی را قطع کنید و از نقطه به دست آمده موازی محور ولتاژ رسم کنید تا محور عمودی را در نقطه  $I_{mp}$  قطع کند. مربع به دست آمده ناحیه توان ماکزیمم مدول خورشیدی  $P_{mp}$  است.



شکل ۱۶- مربع توان ماکزیمم

مشابه شکل ۱۶ در صفحه شطرنجی داده شده با رعایت اندازه‌ها نقطه کار مدول را به دست آورید. مقدار توان ماکزیمم را از رابطه زیر به دست آورید و با مقدار روی پلاک مدول خورشیدی مقایسه کنید. آیا تفاوت کمی ملاحظه می‌شود؟ چرا؟  
 $P_m = V_{mp} \times I_{mp}$   
 طبیعی است که بیشترین توان مدول خورشیدی به مقدار بار نیز بستگی دارد و طبق قانون اهم این بار از تقسیم ولتاژ ماکزیمم بر جریان ماکزیمم به دست می‌آید. به طور مثال، یک مدول PV با حداکثر ولتاژ  $35/8$  ولت و جریان  $4/89A$  مقاومت بار مورد نیاز برای کار این مدول در حداکثر قدرت برابر  $7/32 \Omega$  خواهد بود. در شکل ۱۷ منحنی جریان ولتاژ آورده شده است.



شکل ۱۷- منحنی جریان ولتاژ و به دست آوردن نقطه کار





نقطه کار مدول خورشیدی را با جریان اتصال کوتاه ۵/۴۸ آمپر و ولتاژ بی باری ۴۵ ولت مطابق شکل ۱۷ به دست آورید.

### ب (بار مناسب):

برای عملکرد مدول خورشیدی در توان ماکزیمم باید بار مناسب جریان ماکزیمم خروجی انتخاب شده باشد. برای انتخاب بار از مقاومت اهمی آجری (توان بالا) یا لامپ خودرو استفاده کنید (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- مصرف کننده

تعداد لامپ یا مقاومت را به اندازه‌ای تغییر دهید تا جریان دریافتی از مدول خورشیدی برابر جریان Imp باشد. اکنون مقاومت بار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید. مقدار این بار، بار بهینه‌ای است که بیشترین توان را از مدول خورشیدی دریافت می‌کند.

آیا مقدار مقاومت اهمی کار عملی با مقدار به دست آمده طبق رابطه قانون اهم یکی است؟



### کار عملی شماره ۲

#### هدف :

تأثیر متغیرهای دما، زاویه نصب و سایه بر نقطه کار مدول خورشیدی

#### تجهیزات :

- مدول خورشیدی یک عدد
- ولت متر و آمپر متر یک عدد
- لامپ خودرو (۱۲ ولتی) چند عدد
- مقاومت اهمی آجری چند عدد
- کاغذ شطرنجی یک برگ

#### مراحل کار

#### الف: ریختن آب روی مدول:

کار عملی نقطه کار را به این صورت تکرار کنید. یکی از اعضای گروه روی مدول آب خنک بریزد و نفر دیگر ولتاژ خروجی را بررسی کند. اثر خنک شدن صفحه مدول خورشیدی را به کمک دماسنج، مثلاً نصب دماسنج نواری (شبه تب سنج کودکان) پشت مدول دنبال کنید. نفر سوم کاهش دما را بررسی کند. (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- کاهش دما



سؤال



تحقیق کنید



آیا با کاهش دما، ولتاژ بی‌باری بیشتر می‌شود؟ چقدر؟

هنگام نصب آرایه های خورشیدی روی سقف شیروانی، فاصله حدود ۱۰ سانتیمتر بین سقف و آرایه وجود دارد. دلیل این کار چیست؟



شکل ۲۰- تغییر زاویه

ب: تغییر زاویه مدول: زاویه نصب مدول خورشیدی را نسبت به خط افق تغییر دهید و مقدار ولتاژ بی‌باری را در وضعیت های مختلف یادداشت کنید (شکل ۲۰).

پ: ایجاد سایه روی مدول

مدول خورشیدی را در وضعیت ثابتی با نقطه کار مناسب قرار دهید. با ایجاد سایه روی صفحه مدول، تأثیر آن بر خروجی الکتریکی مدول را بررسی کنید (شکل ۲۱).



ب) ولتاژ بی‌باری

الف) جریان اتصال کوتاه

شکل ۲۱- اثر سایه

در چه وضعیتی بیشترین ولتاژ بی‌باری و بیشترین جریان اتصال کوتاه ایجاد می‌شود؟

سؤال



سؤال



کدام یک تأثیر بیشتری بر خروجی مدول دارد؟ سایه مداد، سایه کف دست، سایه کتاب

نتایج به دست آمده در این کار عملی را در دفتر گزارش کار ثبت کنید. مقادیر به دست آمده را با دیگر گروه‌ها مقایسه کنید.

فعالیت



## مزایا و محدودیت های تأمین انرژی الکتریکی با سیستم فتوولتائیک

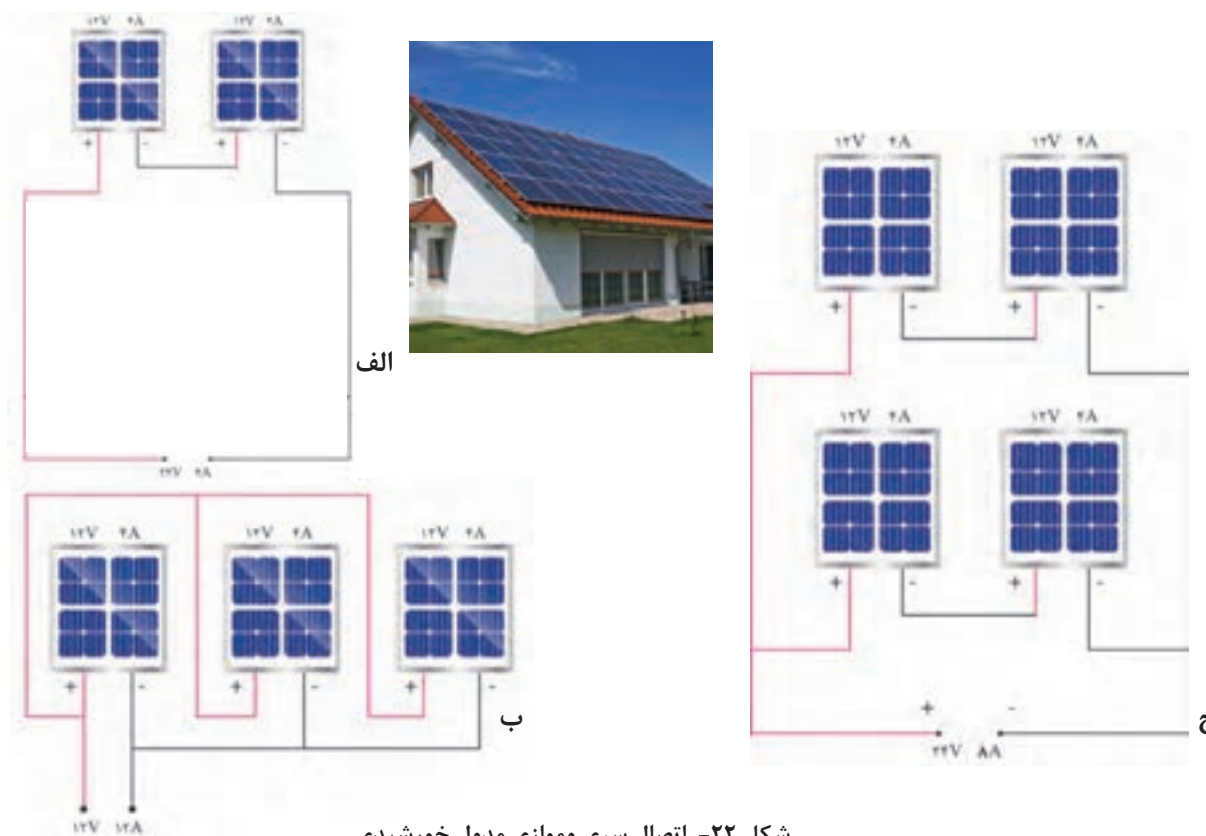
اگرچه تولید انرژی الکتریکی با این سیستم‌ها مزایای بسیار زیادی دارد ولی محدودیت‌هایی نیز برای کاربرد آنها می‌توان برشمرد در جدول ۴ به این مزایا و محدودیت‌ها اشاره شده است.

#### جدول ۴- مزیت ها و محدودیت های انرژی تجدیدپذیر

محدودیت ها	مزایا
<ul style="list-style-type: none"> <li>• بالا بودن هزینه سرمایه گذاری اولیه</li> <li>• وابستگی سامانه به تابش خورشید</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تبدیل مستقیم انرژی تابشی به انرژی الکتریکی</li> <li>• عدم نیاز به مصرف سوخت فسیلی و یا اتصال به شبکه سراسری برق</li> <li>• عدم ایجاد آلودگی صوتی و زیست محیطی</li> <li>• قابلیت تولید در محل مصرف با توان های مختلف، متناسب با نیاز مصرف کننده</li> <li>• تأمین انرژی الکتریکی نقاط دور افتاده، خارج از شبکه سراسری برق و صعب العبور</li> <li>• سهولت در نصب و راه اندازی</li> <li>• امکان نصب بر نما و یا روی سقف خانه ها و توانایی ذخیره سازی انرژی در باتری</li> <li>• سهولت در بهره برداری</li> <li>• حداقل نیاز به تعمیر و نگهداری</li> <li>• طول عمر مناسب و قابلیت اعتماد بالا</li> </ul>

مقدار توان خروجی را در سه حالت (الف، ب و ج) شکل ۲۲ به دست آورید. کدام اتصال توان خروجی بیشتری دارد؟ اگر تعداد ۶۰ مدول (۴A/ ۱۲V) روی بام خانه در ۵ ردیف سری شده باشد توان خروجی آن چند کیلو وات خواهد بود (شکل ۱۶)؟

تمرین



شکل ۲۲- اتصال سری و موازی مدول خورشیدی



در شکل ۲۳ نام هر قسمت را بنویسید.



شکل ۲۳- صفحات خورشیدی



تأثیر دما بر خروجی ولتاژ ( زمان "۵۱:۰۰")

## کاربردهای مختلف انرژی خورشیدی

تولید برق از انرژی خورشیدی کاربردهای مختلفی دارد که به بعضی از آنها اشاره می‌شود.

- روشنایی خورشیدی
- نیروگاه برق مستقل از شبکه مثل تغذیه برق منزل مسکونی، ویلا، تأمین برق محل کار (مدارس، هنرستان‌ها و نظایر آن)
- سیستم برق خورشیدی پمپ چاه آب
- سیستم تغذیه ایستگاه‌های بین راهی، مخابراتی، چراغ‌های راهنمایی و رانندگی
- سامانه‌های متصل به شبکه

نیروگاه برق خورشیدی نصب شده به ظرفیت ۳kw در یک هنرستان فنی و حرفه ای در شکل ۲۴ نشان داده شده است. برآورد کنید این توان روشنایی حدوداً چه بخشی از کارگاه یا کلاس درس را می‌تواند تأمین کند؟





شکل ۲۴- نیروگاه برق خورشیدی نصب شده به ظرفیت ۳kw  
در هنرستان فنی و حرفه ای شهید بهشتی دزفول

دو نمونه کاربردهای مختلف انرژی خورشیدی در تولید برق در شکل ۲۵ نشان داده شده است. کاربردهای دیگری مانند شکل ۲۶ را نام ببرید.

فعالیت



روشنایی و برق روستایی

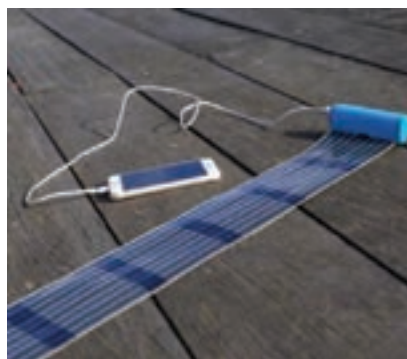


تأمین برق چاه آب

شکل ۲۵- کاربرد متداول فتوولتاییک



ب



الف

شکل ۲۶- کاربرد جدید فتوولتاییک



تأمین روشنایی برق روستایی در استان اردبیل و خوزستان (زمان ۵۴'۱۱) (زمان ۰۵'۱۵)

کار عملی شماره ۳



### هدف

اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی یک یا چند مدول خورشیدی

### تجهیزات مورد نیاز

- مدول خورشیدی حداقل ۵۰ وات
- ولت متر و آمپر متر
- کابل و سیم‌های رابط MC۴
- مصرف کننده (بار)

شکل ۲۷- انجام کار عملی و اندازه‌گیری ولتاژ خروجی

### مراحل کار

ابتدا مانند شکل ۲۷ مدول خورشیدی را توسط یک پایه مناسب در مسیر قرارگیری منبع نور تنظیم نمایید. قبل از اتصال مدول به بار الکتریکی غیرموتوری (مثل لامپ)، دستگاه‌های اندازه‌گیری را ببندید. برای اتصال مدول خورشیدی از کانکتور MC۴ استفاده کنید (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- اتصال کانکتور MC۴

در این مرحله با قرار دادن کلید در حالت قطع، مدار الکتریکی آماده شده را با رعایت قطب‌های مثبت و منفی به مدول خورشیدی متصل کنید. با وصل کلید مدار ۵ جدول را تکمیل کنید. (نور کم و زیاد را با ایجاد سایه، یا کم و زیاد کردن نور پروژکتور توسط دیمر مناسب انجام دهید.)



### جدول ۵- توان در نور کم و زیاد

توان مدول خورشیدی $P=V.I$		جریان بار (DC)		ولتاژ بی باری (DC)	
نور زیاد	نور کم	نور زیاد	نور کم	نور زیاد	نور کم

**ایمنی**  
قبل از اتصال به مدار الکتریکی منبع نور را قطع کنید و بعد از بسته شدن مدار منبع نور را ایجاد کنید.  
**تذکر**  
ولتاژ خروجی مدول به عوامل دیگری مثل تمیزی روی صفحه و دمای محیط بستگی دارد.  
با اتصال یک مقاومت اهمی  $100 \Omega$  (آجری) با توان بالا به مدول خورشیدی جریان و ولتاژ مقاومت اهمی را ثبت کرده و توان مدول خورشیدی را بدست آورید و در جدول ۶ ثبت کنید.

### جدول ۶- توان مدول خورشیدی

توان خروجی $P=V.I$	جریان خروجی مقاومت	ولتاژ دو سر مقاومت



شکل ۲۹- کاربرد دیگر فتوولتاییک

### توجه

توان خروجی مدول های فتوولتاییک برحسب وات با خطایی تقریباً برابر  $\pm 5\%$  بیان می شود این توان بر اساس دمای  $25$  درجه سانتی گراد برای سلول ها در نظر گرفته می شود. بنابراین، برای مدول فتوولتاییک  $265$  وات، بیشترین میزان کاهش در توان خروجی، حدود  $13/25$  وات خواهد بود.

در شکل ۲۹ با استفاده از سیستم فتوولتاییک چه کاری انجام می شود؟

فعالیت





## هدف:

اتصال ناسازگار مدول های خورشیدی و پیدا کردن عامل ناسازگار

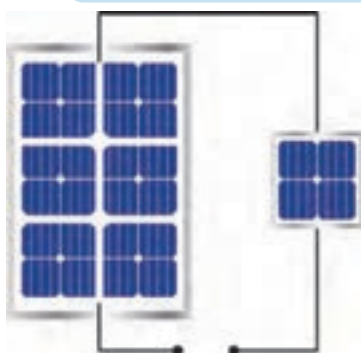
## تجهیزات:

$P_{mpp1} = 100W$	دو عدد	مدول خورشیدی در توان های مختلف
$V_{mpp1} = 20V$ (مدول شماره ۱)	یک عدد	ولت متر و آمپر متر
$I_{mpp1} = 5A$	چند عدد	لامپ خودرو (۱۲ ولتی)
$P_{mpp1} = 130W$	چند عدد	مقاومت اهمی آجری
$V_{mpp1} = 24V$ (مدول شماره ۲)	یک برگ	کاغذ شطرنجی
$I_{mpp1} = 5/4A$		

دو مدول خورشیدی با مشخصات ولتاژ و توان مختلف (نظیر نمونه داده شده) با یکدیگر یکبار سری و یکبار موازی کنید (شکل ۳۰).

به نظر شما نقطه کار نهایی این دو اتصال چگونه خواهد بود؟

سؤال



$$V_{MPPT} = 20 + 24 = 44V$$

$$I_{MPPT} = 5A$$

$$P_{MPPT} = 220W$$

## الف) اتصال سری

با اتصال سری این دو مدول متفاوت مقدار ولتاژها با یکدیگر جمع شده ولی جریان نهایی با جریان مدولی که جریان کمتر دارد برابر خواهد بود. پس به نظر می رسد در این اتصال پارامتر ناسازگار، جریان اتصال کوتاه ( $I_{sc}$ ) است.

با توجه نوع مدول موجود در کارگاه نقطه کار جدید را با نقطه کار تک تک مدول ها مقایسه کنید.

## ب) اتصال موازی

با اتصال موازی این دو مدول متفاوت ، مقدار جریان نهایی برابر جمع جریان هر مدول خواهد بود ولی ولتاژ نهایی اتصال با ولتاژ مدولی که مقدار کمتری دارد برابر است. پس به نظر می رسد در این اتصال پارامتر ناسازگار، ولتاژ بی باری ( $V_{oc}$ ) است.

با توجه به نوع مدول موجود در کارگاه ، در کدام حالت توان نهایی بیشتر است؟ چرا؟

توجه: در حالت اتصال مدول های مختلف پیدا کردن نقطه کار مشکل است.

ایمنی: کار عملی اتصال ناسازگار فقط با مدول خورشیدی بدون بار انجام شود.



$$V_{MPPT} = 20V$$

$$I_{MPPT} = 5 + 5/4 = 10/4A$$

$$P_{MPPT} = 208W$$

شکل ۳۰- اتصال های ناسازگار





چرا توان نهایی با مجموع توان دو مدول برابر نیست؟

نتایج به دست آمده در کار عملی اتصال ناسازگار را در دفتر گزارش کار خود ثبت کنید. مقادیر به دست آمده را با دیگر گروه‌ها مقایسه کنید.

## ذخیره سازی انرژی الکتریکی فتوولتاییک

سیستم های متصل به شبکه کاربرد دارد. در زمانی که تولید الکتریسیته سیستم فتوولتاییک بیشتر از بار (مصرف کننده) است، مازاد انرژی را در آن ذخیره می سازد. زمانی که نور خورشید در دسترس نباشد یا مقدار تولید انرژی سیستم خورشیدی کمتر از نیاز مصرف کننده باشد، باتری وارد مدار می شود و کمبود انرژی را جبران می سازد. بنابراین باتری باید قابلیت شارژ و دشارژ شدن مکرر را داشته باشد. باتری های استفاده شده در سیستم فتوولتاییک از نوع سیلد - اسید نیکل - کادمیم ولتیم یون است (شکل ۳۱).

ذخیره ساز، وظیفه ذخیره کردن انرژی الکتریکی را برعهده دارد. این انرژی ذخیره شده در مواقعی که نور خورشید وجود ندارد یا هنگام شب قابل استفاده خواهد بود.

ذخیره ساز سیستم فتوولتاییک معمولاً از نوع باتری است. سیستم باتری ممکن است همه یا بعضی از موارد زیر را نیز شامل شود:

۱- باتری.

۲- کنترل کننده شارژ باتری (کنترلر).

### - باتری

باتری هم در سیستم های مجزا از شبکه برق، هم



شکل ۳۱- باتری قابل شارژ و دشارژ

۳۱ باتری با ولتاژ ۱۲ V DC، جریان دهی ۸۰ آمپر ساعت و قابل شارژ و دشارژ برابر ۱۲۵۰ بار نشان داده شده است.

این باتری ها باید قابلیت شارژ و دشارژ مناسبی داشته باشند. مشخصه فنی باتری برحسب آمپر ساعت و توان خروجی آن شناخته می شود. در شکل



شکل ۳۲- اتصال مستقیم مدول به باتری

اگر مطابق شکل ۳۲ با فرض هم ولتاژ بودن باتری و مدول خورشیدی، مستقیماً به همدیگر وصل شوند چه پیامدی خواهد داشت؟

فعالیت



کنترل کننده شارژ واسطه بین مدول خورشیدی و باتری است. کنترل شارژ جریان و ولتاژ ورودی به باتری را تنظیم می‌کند. در شکل ۳۳ محل اتصال باتری و کنترل شارژ نشان داده شده است. کنترل شارژ یک خروجی نیز برای تغذیه مصرف کننده جریان مستقیم دارد.

### - دستگاه کنترل شارژ باتری

در سیستم‌های فتوولتائیک مستقل از شبکه برق، به منظور جلوگیری از تخلیه کامل باتری‌ها یا شارژ بیش از حد باتری به کار می‌رود. ولتاژ خروجی مدول با تغییر تابش خورشید تغییر می‌کند ولی ولتاژ باتری ثابت است.



شکل ۳۳- یک نمونه کنترل کننده شارژ باتری (اتصال و شمای فنی)



## کنترل شارژ و باتری (۲ و ۱) (زمان ۵۴:۱۲)



مشخصات فنی کنترل شارژ داده شده در کاتالوگ شکل ۳۴ را بررسی کنید.

Item No.	ECC-MPPT-20A
Rated system voltage	12V/24V DC
Max open circuit voltage of solar panel	15— 50V DC
Max solar panel power	300W 12V/ 600W 24V
Max output current	20A
Max discharge current	20A
Over discharge voltage	10.2—12.5V ( $\pm 0.2$ ) 12V/ 20.4—25.0V ( $\pm 0.2$ ) 24V
Restart voltage	10.3—13.5V ( $\pm 0.2$ ) 12V /20.5—27.0V ( $\pm 0.2$ ) 24V
Constant voltage (Over charge) voltage	13.0—15.5V ( $\pm 0.2$ ) 12V / 26.0—31.0V ( $\pm 0.2$ ) 24V
Float voltage	12.5—14.5V ( $\pm 0.2$ ) 12V / 25.0—29.0V ( $\pm 0.2$ ) 24V
Converter type	Buck
Converter efficiency	> 96%
Max increase efficiency	> 43%
Tracking efficiency	> 98%
Precision of clock	$\pm 50S$ /Month
Charging algorithm	PWM 3 stage
Stand by power consumption	<15mA 12V / <25mA 24V
Operating temperature	-20 to +50°C
Protect class	IP22
Size	140(L) × 147(W) × 42(H) (mm)
Weight	550g

ⓘ (1) Max input current : Solar panel maximum output current

ⓘ (1) Max output current : Controllers maximum output current

شکل ۳۴ - کاتالوگ مشخصات یک کنترل کننده شارژ

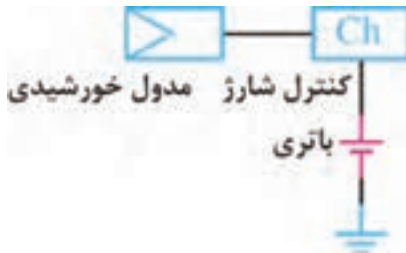
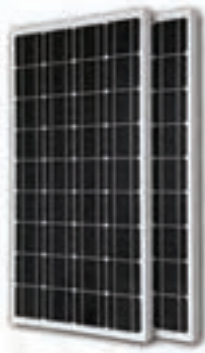


### هدف

شارژ باتری با مدول خورشیدی و کنترل شارژ

### تجهیزات مورد نیاز

- مدول خورشیدی ۲ عدد ۱۸ ولت
  - ولت متر و آمپر متر
  - کابل و رابط MC۴
  - کنترل شارژ ۱۲ ولت، pwm یک عدد
  - باتری ۱۲ ولت، ۸۰ آمپر ساعت ۲ عدد
- اتصالات مشابه شکل ۳۵ انجام شود.



شکل ۳۵- اتصال باتری به مدول خورشیدی و کنترل شارژ

نمایش فیلم



مراحل انجام کار عملی ۲ را با دقت نگاه کنید. ( زمان تقریبی "۲۵: ۱")

### مراحل کار

چراغ ال ای دی شاخص کنترل شارژ باتری روشن

می شود (شکل ۳۶).

رنگ LED بستگی به میزان شارژ باتری دارد اگر باتری کاملاً شارژ باشد به رنگ سبز و در غیر اینصورت به رنگ قرمز خواهد بود.

برای اتصال کنترل شارژ به باتری ابتدا سیم مشکی (منفی) باتری را به ترمینال منفی کنترل متصل کرده و سپس سیم قرمز باتری یا مثبت را به مثبت شارژ کنترل متصل کنید. بعد از این اتصال



شکل ۳۶- با اتصال باتری LED روشن می شود.

در این مرحله باید مدول خورشیدی را به کنترل شارژ متصل کرد.

چون سیم پشت مدول خورشیدی کوتاه است برای اتصال مدول خورشیدی به کنترل شارژ باید از سیم با همین مشخصه و کانکتور استفاده کرد، پس از اتصال مدول خورشیدی اگر نور خورشید وجود داشته باشد و به صفحه مدول خورشیدی بتابد LED مربوط به مدول خورشیدی کنترل شارژ روشن می‌شود. بهتر است هنگام اتصال نور به صفحه مدول نتابد.

### توجه

همیشه قبل از اتصال مدول خورشیدی به کنترل شارژ، مدول خورشیدی را از نور خورشید دور نگهدارید یا روی صفحه آن را با یک پوشش تیره رنگ بپوشانید تا

در اتصال اولیه به کنترل شارژ آسیب نرسد.

### ایمنی

هنگام اتصال کنترل شارژ به مدول خورشیدی حتماً باید اتصال پلاریته‌های (+) و (-) رعایت شود چنانچه جابجایی در این اتصال رخ دهد ممکن است که باعث انفجار و آتش سوزی شود بنابراین رعایت پلاریته و استفاده از دو سیم با رنگ استاندارد قرمز و مشکی اتصالات بسیار اهمیت دارد. در صورت دسترسی نداشتن به دو سیم قرمز و مشکی می‌توان با استفاده از نوار مشکی و قرمز سیم‌ها را از یکدیگر تفکیک کرد. توالی نصب قطعات به کنترل شارژ، ابتدا باتری و سپس بار و در انتها مدول نصب می‌شود.



شکل ۳۷ - اتصال کنترل‌کننده شارژ به مدول

در این مرحله مدار الکتریکی آماده شده را با رعایت قطبهای مثبت و منفی شبیه شکل ۳۷ به مدول خورشیدی متصل کنید و جداول ۷ و ۸ را برای شارژ باتری تکمیل کنید.

جدول ۷- شارژ باتری

ولتاژ اولیه باتری (قبل از شارژ)	جریان شارژ		ولتاژ باتری (بعد از شارژ)
	ساعت اول	ساعت سوم	

**ایمینی**

قبل از اتصال به مدار الکتریکی منبع نور را قطع کنید و بعد از بسته شدن مدار منبع نور را ایجاد کنید.

**تذکر**

ولتاژ خروجی مدول به تمیزی سطح مدول، زاویه تابش نور و دمای محیط نیز بستگی دارد. شرایط را برای شارژ باتری فراهم کنید. کنترل شارژ در هوای سرد و ابری و زمانی که باتری کاملاً خالی است راندمان بیشتری دارد.

جدول ۸- شارژ باتری در نور کم و نور مناسب

توان خروجی $P=V.I$		جریان شارژ خروجی		زمان شارژ باتری	
نور مناسب	نور کم	نور مناسب	نور کم	نور مناسب	نور کم

برای ایجاد دو محیط با نور مختلف می‌توانید این کار عملی را یکبار در فضای کارگاه و یکبار در فضای باز حیاط هنرستان انجام دهید.

یکی از کاربردهای مهم فتوولتاییک برق رسانی به روستاهای دور افتاده و دوراز دسترس خطوط شبکه برق است. وزارت نیرو در سال‌های اخیر در روستاهای استان‌های قزوین، اردبیل، مازندران، خوزستان، لرستان، بوشهر، فارس موفق به برق رسانی با استفاده از این فناوری شده است.



با مراجعه به سایت "ساتبا" [www.satba.gov.ir](http://www.satba.gov.ir) بررسی کنید توان نصب شده در این روستاها برای هر خانوار چند کیلو وات بوده است؟

## اینورتر<sup>۱</sup> و اتصال به سیستم فتوولتائیک

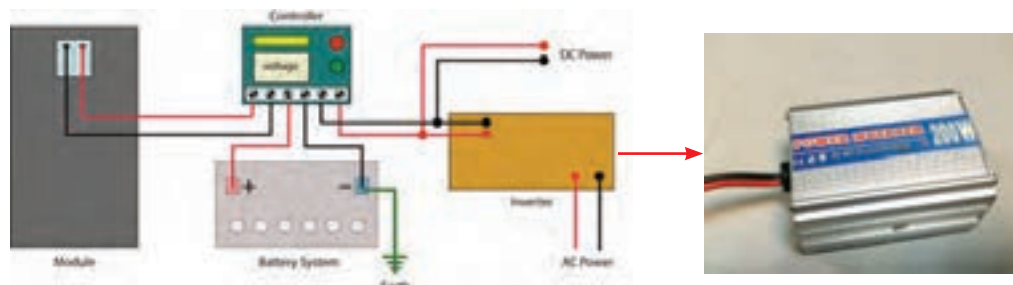
اینورتر یا مبدل الکترونیک قدرت DC/AC، مشخصه‌های الکتریکی آن مانند ولتاژ و فرکانس وسیله‌ای است که برق DC را از آرایه‌های فتوولتائیک می‌گیرد و آن را به جریان متناوب (یک فاز یا سه فاز) AC تبدیل می‌کند. (شکل ۳۸) توان اینورتر باید معادل یا بیشتر از توان کل مصرف‌کننده‌ها باشد.



شکل ۳۸- اتصال اینورتر به مدول

**انتخاب اینورتر به موارد زیر بستگی دارد:**

- میزان انرژی خروجی مدول؛
- ظرفیت افزایش تعداد مدول در آینده؛
- مطابقت با مشخصات شبکه سراسری یا محلی و مصرف‌کننده‌ها (ولتاژ و فرکانس)
- برای تأمین مصرف یک هواکش (۸۰ وات)، لامپ کم‌مصرف (۲۰ وات) و لامپ رشته‌ای ۴۰ وات یک اینورتر ۲۰۰ وات مطابق شکل ۳۹ مناسب است.



شکل ۳۹ - یک اینورتر مبدل ۱۲ ولت DC به ۲۲۰ ولت AC با توان ۲۰۰ وات و فرکانس ۵۰ هرتز



لوازم خانگی نظیر یخچال، ماشین لباسشویی، سشوار، ماشین ظرفشویی و کلیه مصرف‌کننده‌های خانگی که دارای الکتروموتور هستند دارای توان راه اندازی متفاوتی نسبت به توان در حال کار هستند پس برای انتخاب نوع اینورتر و بار مورد نظر به این نکته باید دقت کرد. تهویه مناسب برای عملکرد بهتر اینورتر توصیه می‌شود. بعضی از اینورترها مجهز به صفحه نمایش است. این صفحه نمایش مقادیر توان لحظه‌ای، روزانه و کل را نشان می‌دهد (شکل ۴۰).



شکل ۴۰- صفحه نمایش یک اینورتر با توان ۲/۲۵ کیلو وات



اتصال قطعات فتوولتاییک ( زمان تقریبی " ۱۵ : ۹')

## انواع اینورتر

باید با خروجی اینورتر یکی باشد. در واقع هزینه برق کم می‌شود. اگر سیستم خورشیدی بیش از نیاز برق تولید کرد می‌توان آن را به شبکه برق فروخت. با توجه به متغیر بودن برق تولید شده توسط مدول خورشیدی به دلیل تغییرات تابش نور، نیاز به باتری ضروری است. البته اگر تغییرات ولتاژ مهم نباشد باتری ضروری نیست. در این نوع سیستم‌ها اگر نیاز به برق پشتیبان نباشد در نتیجه نیاز به باتری نخواهد بود و هزینه نصب سیستم خورشیدی نیز کاهش پیدا می‌کند، اگر هم نیاز به برق پشتیبان برای زمان کمی باشد مثلاً (یک ساعت) می‌توان ظرفیت باتری‌ها را خیلی کم انتخاب کرد (شکل ۴۱).

اینورتر نسبت به نوع سیستم فتوولتاییک متصل به شبکه و جدا از شبکه برق بر دو نوع است: اینورتر متصل به شبکه برق (grid tie inverter) اینورتر جدا از شبکه برق (off grid inverter)

### اینورتر متصل به شبکه:

اگر سیم کشی سیستم فتوولتاییک به شبکه برق متصل باشد و انرژی خورشیدی برای کاهش دادن میزان هزینه برق مصرفی از شبکه نصب شود و یا اگر به هر دلیلی ارتباط سیم‌کشی برق با شبکه باید برقرار باشد از اینورتر متصل به شبکه استفاده می‌شود و در این حالت مشخصات اصلی شبکه مثل ولتاژ و فرکانس



شکل ۴۱- اینورتر متصل به شبکه برق

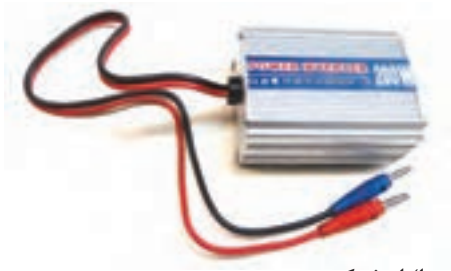
### – اینورترهای جدا از شبکه

این نوع اینورترها همان گونه که از نام آنها مشخص است قابلیت اتصال به شبکه برق را ندارند و نمی توان آنها را به شبکه متصل کرد. تقریباً تمام اینورترهایی که در مناطق دور از دسترس برق و برای سیستم های کوچک استفاده می شود از این نوع اینورتر هستند. در نوع منفصل از شبکه، اینورتر برق ذخیره شده در باتری را از ۱۲ ولت مستقیم به ۲۳۰ ولت متناوب تبدیل می کند تا مناسب برای استفاده در وسایل برقی خانگی شود. بهتر است شکل موج منحنی خروجی اینورتر به شکل موج سینوسی نزدیک تر باشد. این اینورترها مانند اینورتر متصل به شبکه نیستند زیرا برق یکنواخت باتری را تبدیل خواهند کرد (شکل ۴۲).

در نوع متصل به شبکه، برق تولیدی از پنل خورشیدی به طور مستقیم به اینورتر وارد می شود. بنابراین این اینورتر با اینورترهای معمولی متفاوت است. زیرا برق تولید شده از پنل به دلیل تأثیرات شرایط محیطی مانند تغییرات تابش نور خورشید همیشه در حال تغییر است. پس اینورتر با یک توان ورودی یکنواخت روبرو نیست و در نتیجه باید الگوی خاصی برای تبدیل برق مستقیم به برق متناوب داشته باشد. در نتیجه قیمت اینورتر خورشیدی نسبت به اینورتر معمولی بالاتر است.

### تذکره:

تعیین خروجی ولتاژ و فرکانس اینورتر و انطباق آن شبکه بسیار اهمیت دارد.



شکل ۴۲ – اینورتر منفصل (جدا) از شبکه برق

اینورتر نصب شده در برق خورشیدی روستاهای دورافتاده و خارج از دسترس شبکه برق کشور از کدام نوع است؟

سؤال



اینورترها از ۲۰۰ وات تا ۳۰۰۰ وات متفاوت است. همیشه توان اینورتر از توان مصرف کننده ها بیشتر انتخاب میشود.

### – انتخاب اینورتر:

ولتاژ ورودی اینورتر باید با ولتاژ سیستم که همان ولتاژ باتری ها و پنل هاست سازگار باشد. تأثیرگذارترین عامل در انتخاب ولتاژ سیستم فاصله بین باتری ها و پنل هاست. زیرا در ولتاژ بالاتر میزان جریان کمتر است و در نتیجه قطر کابل

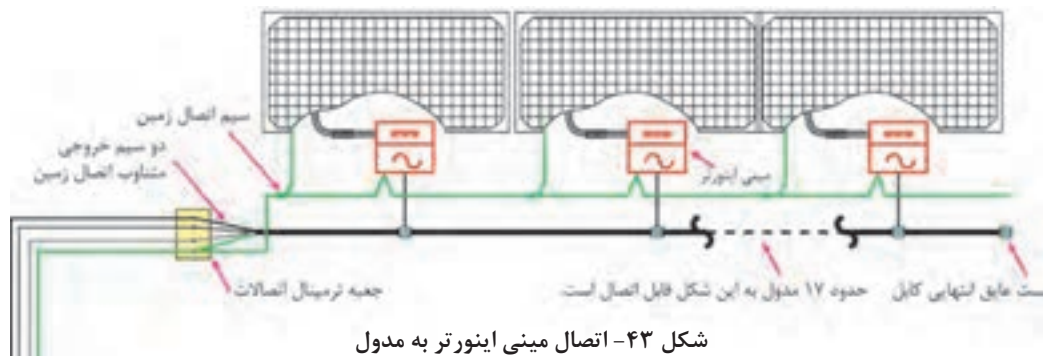
برای انتخاب اینورتر پارامترهای زیر مهم است :

- ولتاژ ورودی به اینورتر
- ولتاژ خروجی
- توان خروجی از اینورتر
- حداکثر جریان

ولتاژ ورودی به اینورتر منفصل از شبکه مربوط به ولتاژ باتری و در نوع متصل به شبکه مربوط به ولتاژ پنل است. توان خروجی از اینورتر مربوط است به حداکثر توانی که سیستم برای آن طراحی شده است. این توان برای سیستم های منفصل معمولاً در

کم می‌شود. با توجه به اینکه اینورتر برق DC را به AC تبدیل می‌کند، می‌توان از اینورتر متصل به مدول خورشیدی استفاده کرد. به این اینورتر «مینی اینورتر» گفته می‌شود (شکل ۴۳).

نکته بسیار مهم در انتخاب اینورتر این است که ورودی اینورتر به هیچ وجه نبایستی از مجموع توان تمام وسایل برقی کمتر باشد. همچنین ولتاژ نامی اینورتر باید با ولتاژ بانک باتری‌ها برابر باشد.



فیلم اینورتر به نمایش گذاشته می‌شود (زمان تقریبی "۵۶":۰۰)

نمایش فیلم



## اتصالات و کابل کشی

پشت مدول‌های خورشیدی یک جعبه اتصال نصب شده که دو سیم خروجی مثبت (قرمز) و منفی (مشکی) به آن متصل است. در نمونه‌های بزرگ تر جعبه اتصال با یک کابل و کانکتور MC۴ ارائه شده است و در مدول‌های خورشیدی کوچک با سیم معمولی می‌توان از جعبه اتصال پشت

مدول خورشیدی اتصال برقرار کرد. در سیم کشی مدول‌ها سیم زرد - سبز برای اتصال زمین استفاده می‌شود.

کابل‌های مخصوص اتصال مدول‌ها به دلیل قرار گرفتن در معرض تابش خورشید باید ضد اشعه ماورای بنفش (UV) باشد (شکل ۴۴).

شکل ۴۴- یک نمونه کابل سیستم فتوولتاییک ضد اشعه ماورای بنفش با اتصال MC۴



شکل ۴۴- یک نمونه کابل سیستم فتوولتاییک ضد اشعه ماورای بنفش با اتصال MC۴

برای ایجاد اتصال مطمئن و محکم مطابق مراحل زیر می‌توان با استفاده از یک کابل UV و کانکتور MC۴ کابل با اتصال مناسب درست کرد.



با استفاده از کابل مناسب و کانکتور MC4 یک اتصال شبیه شکل ۴۵ ایجاد کنید.



شکل ۴۵- مراحل اتصال کانکتور MC4



در شکل ۴۶ دو نمونه نصب سیستم فتوولتاییک خانگی نشان داده شده است. چه تفاوتی بین اتصالات این دو نصب مشاهده می‌کنید، در مورد آن بحث و تبادل نظر نمایید.



شکل ۴۶- اجرای دو نمونه سیم‌کشی سیستم فتوولتاییک



### هدف

تولید برق متناوب با انرژی خورشیدی منفصل از شبکه برق

تجهیزات مورد نیاز مطابق شکل ۴۷ عبارت است از:

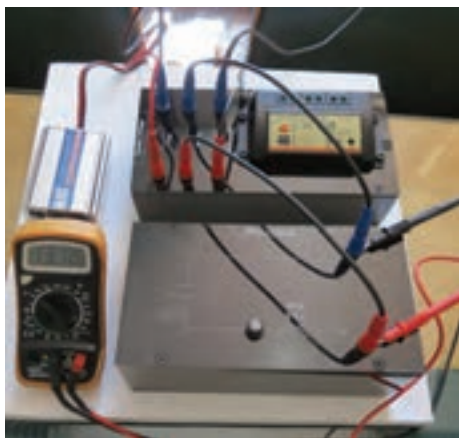
- مدول خورشیدی ۲ عدد ۱۷ ولت
- ولت متر و آمپر متر
- کابل و سیم‌های رابط
- کنترل شارژ ۱ عدد
- باتری ۱۲ ولت ۲ عدد
- اینورتر ۱۲ به ۲۲۰ ولت ۱ عدد
- فرکانس متر ۱ عدد
- لوازم برقی خانگی غیر موتوری یک یا دو عدد



شکل ۴۷- تجهیزات مورد نیاز

### مراحل انجام کار

ابتدا باتری را به کنترل شارژ متصل کنید. در مرحله بعد نوبت به اتصال اینورتر برای تبدیل جریان مستقیم به متناوب است. بعد از اتصال باتری به کنترل شارژ، می‌توان خروجی مدول خورشیدی را به کنترل شارژ متصل کرد. در آخرین قسمت مدول خورشیدی در معرض نور خورشید به مدار کنترل شارژ، باتری و اینورتر متصل شود (شکل ۴۸).



شکل ۴۸- اتصال اینورتر

توجه

همیشه قبل از اتصال مدول خورشیدی به شارژ کنترلر، مدول خورشیدی را از نور خورشید دور نگهدارید یا روی صفحه آن را با یک پوشش تیره رنگ بپوشانید تا در اتصال اولیه به شارژ کنترلر آسیب نرسد.

### ایمنی

معمولاً در ساختمان اینورتر و شارژ کنترلر از فیوز برای حفاظت استفاده شده است، ولی می‌توان با استفاده از کلید و فیوز مناسب حفاظت و ایزوله کردن هر قسمت را به‌طور کامل انجام داد (شکل ۴۹). این کلید و فیوز در محل‌های زیر قرار می‌گیرد.



شکل ۴۹- فیوز سر راه باتری سوخته است.

- ۱- بین مدول خورشیدی و شارژ کنترلر
- ۲- بین شارژ کنترلر و باتری
- ۳- بین باتری و اینورتر

بعد از اتمام سیم‌کشی و اتصالات با رعایت موارد ایمنی مصرف‌کننده‌ها را وارد مدار کنید و ولتاژ و جریان مصرفی آنها را اندازه‌گیری نمایید (شکل ۵۰).



شکل ۵۰- مدار کار عملی ۳

### ایمنی

به دلیل بالا بودن سطح ولتاژ در تمام مراحل نکات ایمنی برای جلوگیری از برق‌گرفتگی را جدی بگیرید.

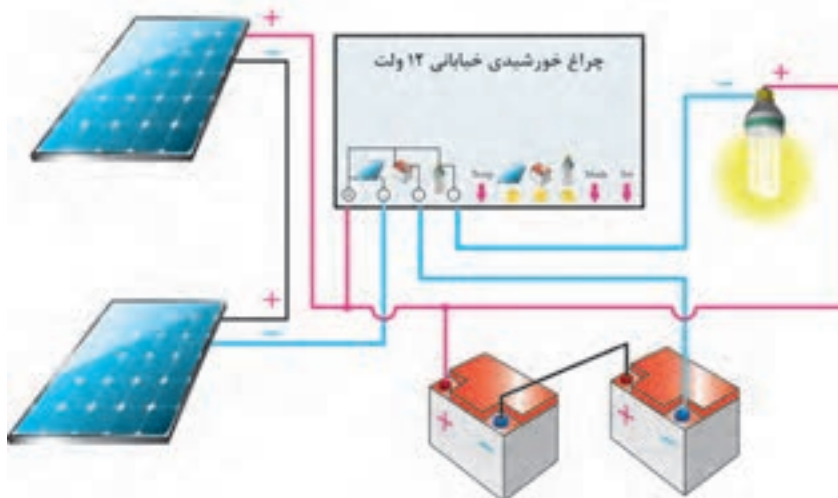


دیاگرام زیر را تفسیر کنید. در این دیاگرام اجزای سیستم و ارتباط آنها با یکدیگر را بررسی کنید. وظیفه هر قسمت را توضیح دهید (شکل ۵۱).



شکل ۵۱- نقشه ارتباط عناصر سیستم فتوولتائیک On\_Grid

عملکرد چراغ خورشیدی خیابانی بسیاری از چراغ روشنایی خیابانی امروزه با استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک انرژی خود را تأمین می‌کنند. در مورد عملکرد این چراغ‌های خورشیدی بحث و تبادل نظر کنید. و در مورد توان مصرفی آنها تحقیق کنید (شکل ۵۲).

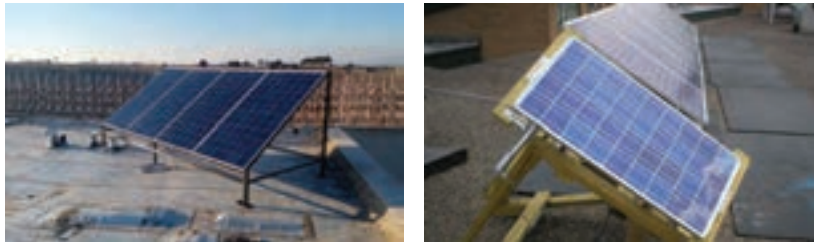


شکل ۵۲- چراغ خورشیدی خیابانی ۲۴۷ طراحی اتصال کابل



## نصب آرایه خورشیدی

یکی از موارد مهم نصب آرایه‌های خورشیدی توجه به موقعیت جغرافیایی و زاویه نصب بهتر است مطابق با عرض جغرافیایی باشد. به عبارت دیگر تعیین جهتی که بیشترین مقدار تابش آفتاب را برای مدول خورشیدی به همراه داشته باشد. ساخت نگهدارنده و پایه (سازه) از دیگر موارد مهم در نصب آرایه‌ها است (شکل ۵۳).



شکل ۵۳ - دو نمونه پایه و سازه پنل خورشیدی (فلزی و چوبی)

اتصالات کابل فتوولتاییک ( زمان تقریبی "۰۷' : ۶')

نمایش فیلم



سؤال

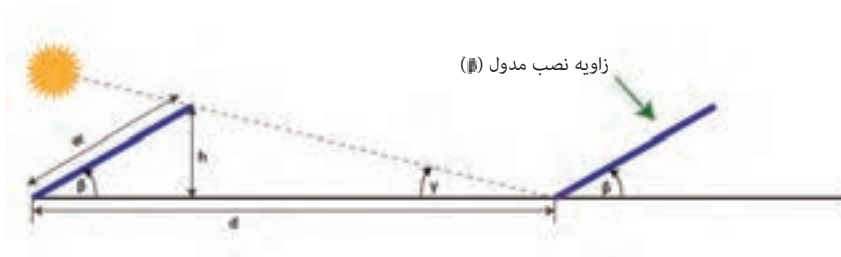


کدام یک از دو نمونه پایه معرفی شده در برابر باد شدید و باران استحکام بیشتری دارد؟

### پایه (سازه) نگهدارنده ثابت

ابتدا بهترین موقعیت قرارگیری پنل‌ها را مشخص می‌کنند. جایی که بدون هیچ مانعی نور خورشید را دریافت کند. (معمولاً در کشور ما این جهت رو به جنوب و با زاویه بین ۲۰ الی ۳۰ درجه بستگی به منطقه جغرافیایی است) سپس پایه‌ها را در مکان مورد نظر ثابت می‌نمایند. این روش ارزان‌ترین روش نصب آرایه خورشیدی می‌باشد. برای نصب آرایه‌های

خورشیدی به دنبال همدیگر (پشت سرهم) نباید سایه مدول‌های خورشیدی روی یکدیگر بیفتد، به این منظور نسبتی را بین فاصله دو مدول و ارتفاع آنها لحاظ می‌کنند. مطابق شکل ۵۴ اگر فاصله دو مدول با  $d$  و ارتفاع یک مدول با  $w$  نشان داده شود نسبت فاصله به ارتفاع در تهران برابر با  $۱/۷۲۳$  می‌باشد. ( $d = ۱/۷۲۳ \times w$ )



شکل ۵۴ - فاصله مجاز نصب مدول‌های خورشیدی برای جلوگیری از سایه اندازی



برای نصب و محکم کردن مدول‌ها روی پایه (سازه) و سقف شیروانی از بست‌های متفاوتی نظیر شکل ۵۵ استفاده می‌شود.



(ب) نصب روی پایه آلومینیومی

(الف) نصب روی سقف شیروانی

شکل ۵۵- نصب سامانه روی پایه  
جدول ۹- جنس سازه

ویژگی خاص	قیمت	قابلیت جوشکاری	استحکام	جنس سازه
مقاوم در برابر پوسیدگی	—	مشکل	سبک و محکم	آلومینیوم
غیر گالوانیزه قابلیت اکسید شدن و زنگ‌زدن دارد.	—	خوب	بالا	آهن نبشی
مناسب برای محیط مرطوب و نمکی	بالا	مشکل	بالا	استیل ضدزنگ
نامناسب برای محیط مرطوب	ارزان	—	متوسط	چوب

تذکر مهم: تمام پیچ و مهره‌های استفاده شده در سازه باید از جنس استیل ضدزنگ باشد (جدول ۹). در شکل ۵۶ پیچ‌ها دچار فرسودگی شده است.



شکل ۵۶- پیچ متصل به سازه فرسوده شده است

## ایمنی

هنگام نصب آرایه‌های خورشیدی در ارتفاع نکات زیر را رعایت کنید :

- ۱- اگر محل نصب آرایه‌ها روی بام شیروانی است حتماً برای حفاظت بیشتر در ارتفاع از طناب و بست مناسب برای مهار خود استفاده کنید (شکل ۵۷).



شکل ۵۷- استفاده از بست مناسب

- ۲- هنگام انتقال مدول‌های خورشیدی همه افراد هنگام نصب از کلاه، دستکش و لباس ایمنی استفاده کنید و احتیاط لازم در سقوط آزاد آنها و برخورد به افراد را به عمل آورید.
- ۳- کابل کشی ضعیف و غیر اصولی آرایه‌های خورشیدی می‌تواند منجر به اتصال کوتاه اتصالات الکتریکی و احتمالاً آتش سوزی شود بنابراین در این اتصالات موارد ایمنی و استاندارد را رعایت کنید.

ماکزیمم تولید انرژی الکتریکی ( زمان "۳۰:۵)

نمایش فیلم



تمرین



هنرستان فنی و حرفه ای شهید رجایی تهران دارای یک نیروگاه خورشیدی با توان ۵ KW است. طبق شکل ۵۸ مدول‌ها در دو ردیف ۱۰ تایی نصب شده است. اگر طول و عرض هر مدول به ترتیب ۱/۶۶ و ۰/۹۵ متر باشد. برای نصب این دو ردیف حدوداً به چند متر مربع فضای نصب نیاز است؟



شکل ۵۸- نیروگاه خورشیدی ۵ کیلو وات هنرستان شهید رجایی تهران

### پایه نگهدارنده متغیر

در این روش از سازه‌هایی استفاده می‌شود که با توجه به تغییر زاویه خورشید در فصول متفاوت سال بهترین حالت قرار گیری پنل را مشخص نموده و زاویه قرار گیری پنل را در همان حالت قرار می‌دهد. بازده این روش حدوداً تا ۲۰ درصد نسبت به روش ثابت بیشتر است (شکل ۵۹).



شکل ۵۹- پایه نگهدارنده

نمایش فیلم



اتصال صفحه خورشیدی به پایه ( زمان تقریبی "۲۸: ۰۱")

### پایه‌های دنبال کننده خورشید

این روش خود به دو حالت یک بعدی (حرکت افقی از شرق به غرب) و دو بعدی (حرکت عمودی از پایین به بالا) تقسیم می‌شود که در هر زمان بهترین حالت قرار گیری پنل‌ها محاسبه شده و سازه‌ها بسته به محور قابل تغییر به صورت اتوماتیک در بهترین موقعیت قرار می‌گیرند. بازده این روش بین ۱۵ الی ۳۰ درصد افزایش می‌یابد ولی قیمت پیاده‌سازی آن زیاد است.

سؤال



عرض جغرافیایی شهر محل سکونت شما چند درجه است؟

سؤال

چرا نصب آرایه‌ها در شکل ۶۰ به این حالت درآمد است؟



شکل ۶۰- پایه ضعیف در اثر باد شدید آسیب دیده است.

تمرین

در شکل ۶۱ مسیر خروجی آرایه، ورود به شارژ کنترلر، خروجی باتری و اینورتر را مشخص کنید.



شکل ۶۱- اتصالات سیستم فتوولتائیک

نمایش فیلم

نصب ۲۱ قطعات سیستم فتوولتائیک ( زمان تقریبی "۱۲: ۱۱')



## ارزشیابی شایستگی نصب سیستم فتوولتاییک

### شرح کار

انواع سیستم تجدید پذیر و سیستم فتوولتاییک  
اتصالات قطعات سیستم فتوولتاییک شامل کنترل شارژ باتری و اینورتر  
نصب مدول خورشیدی

استاندارد عملکرد: انجام کار روی برد کارگاهی با رعایت موارد ایمنی در کار و استفاده از ابزار

### شاخص ها

تسلط بر مشخصات فنی قطعات  
نکات فنی اتصالات قطعات  
استفاده صحیح از ابزار برای اتصالات

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات

شرایط: فضای مناسب- ابزار مناسب- مدت زمان متناسب با حجم کار  
ابزار و تجهیزات: ابزار عمومی سیم کشی برق - مدول خورشیدی - کابل UV و فیش MC4 و اتصالات - باتری  
لیداسید- اینورتر- لباس کار

### معیار شایستگی

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	نصب قطعات سیستم فتوولتاییک و تکمیل جدول کار عملی (محصول)	۲	
۲	انجام سری و موازی مدول خورشیدی و برآورد توان خروجی	۱	
۳	انجام صحیح اتصال کنترل شارژ به باتری و مدول	۱	
۴	انجام صحیح زاویه با رعایت عرض جغرافیایی	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کارتیمی مستند سازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات	*	

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.