

جلسه ۲۲:

## انرژی خورشیدی (۱)

درس: انرژی و توسعه پایدار

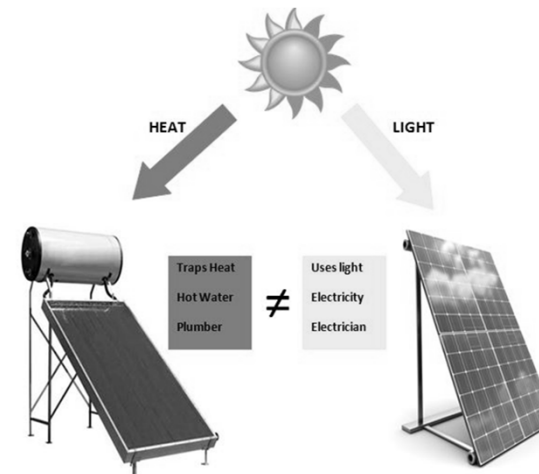
دکتر علی رضا بازارگان

[info@environ.ir](mailto:info@environ.ir)

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

1

## دو مسیر کلی



Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

2

حرارت فقط برای  
آب گرم نیست!  
امروزه سالیانه  
بیش از 3TWh  
برق از حرارت  
خورشید در دنیا  
تولید می شود

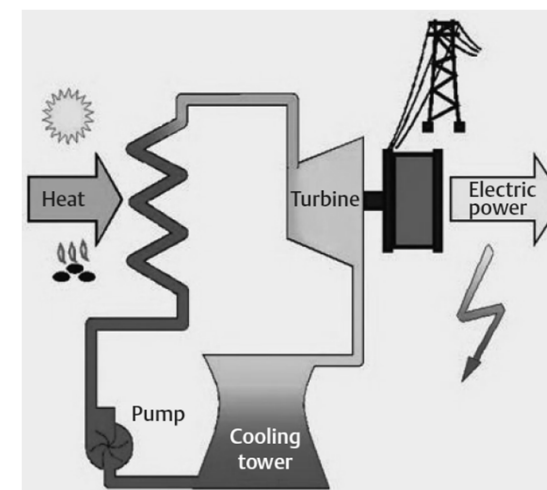
## برق از گرما

- چطور با استفاده از انرژی هسته ای یا سوخت های فسیلی برق تولید می کنیم؟
- سیستم خورشیدی-حرارتی دقیقا از همان نوع سیکل بخار استفاده می کند
- بدون تمرکز نور خورشید، در بهترین شرایط دما بیش از ۲۰۰ درجه نخواهد شد که کافی نیست

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

3

## نمونه سیکل



Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

4

## یادآوری: ترمودینامیک

- ترمودینامیک به "تبدیل حرارت به کار مکانیکی" می پردازد
- موتور حرارتی (heat engine) دستگاهی است که حرارت را به کار تبدیل می کند
- ترمودینامیک برای مقایسه منبع های مختلف انرژی (از لحاظ راندمان، میزان سوخت مورد نیاز، میزان آلاینده تولید شده و...) مفید است
- با استفاده از ترمودینامیک می توانیم راندمان سیستم ها را بهینه کنیم

## یادآوری: قوانین ترمودینامیک

- **صفرم:** اگر دو سیستم با یک سیستم سوم در تعادل حرارتی باشند، آن دو سیستم با هم نیز در تعادل حرارتی خواهند بود
- **اول:** افزایش انرژی درونی یک سیستم بسته، برابر است با حرارتی که به آن داده شده، منهای کاری که سیستم انجام داده است
- **دوم:** آنتروپی (بی نظمی) یک سیستم بسته هرگز کاهش پیدا نکرده و به سمت ماکزیمم می رود (تعادل ترمودینامیکی)
- **سوم:** وقتی دما به صفر مطلق میل کند، آنتروپی سیستم به عدد ثابت میل می کند

## یادآوری: قانون اول

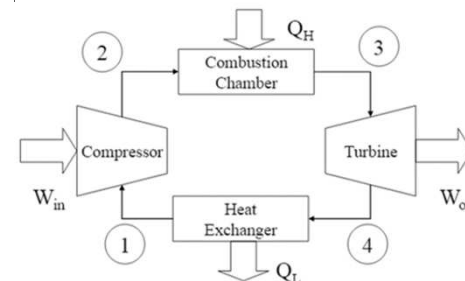
$$\Delta E = (Q_{in} - Q_{out}) - (W_{out} - W_{in}) = Q_{net,in} - W_{net,out}$$

or

$$W_{net,out} = Q_{in} - Q_{out}$$

- معادله بالا در واقع این است:  
 $\Delta E = (Q_{in} + W_{in}) - (Q_{out} + W_{out})$
- انرژی از بین نمی رود، بلکه از نوعی به نوع دیگر تبدیل می شود

## یادآوری: موتور حرارتی



- 1) Air is compressed ( $W_{in}$ );
- 2) Heat is added ( $Q_H$  or  $Q_{in}$ );
- 3) Air turns turbine ( $W_{out}$ );
- 4) Exhaust gases cool ( $Q_{out}$  or  $Q_L$ ).

Thermal efficiency is defined as:

$$\text{Thermal efficiency} = \frac{\text{Net work output}}{\text{Total heat input}} \quad \text{or} \quad \eta_{th} = \frac{W_{net,out}}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$$

## یادآوری: قانون دوم

- اگر یک سیستم ایده آل داشته باشیم باز هم راندمان ۱۰۰٪ نخواهد بود و وابسته به اختلاف دمای بالا و پایین سیستم است

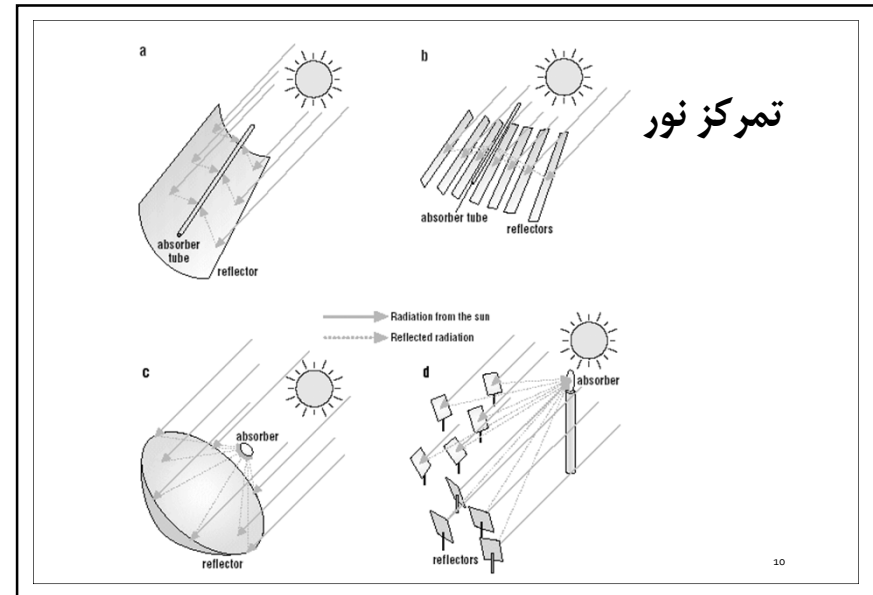
$$\eta_c = \frac{T_H - T_L}{T_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

- راندمان قانون دوم در واقع می گوید چه مقدار از ماکزیمم راندمان را کسب کرده ایم:

$$\eta_s = \frac{\eta_{th}}{\eta_c}$$

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

9

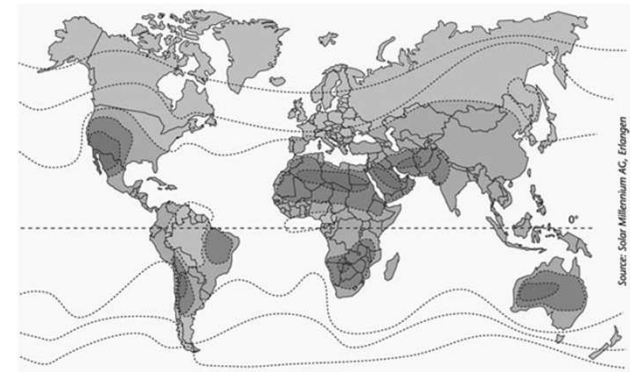


10

## تمرکز نور



## کمربند خورشید



Appropriate for solar thermal power plants:   
 ■ excellent ■ very good ■ good ■ not appropriate

12

## وقتی خورشید نیست

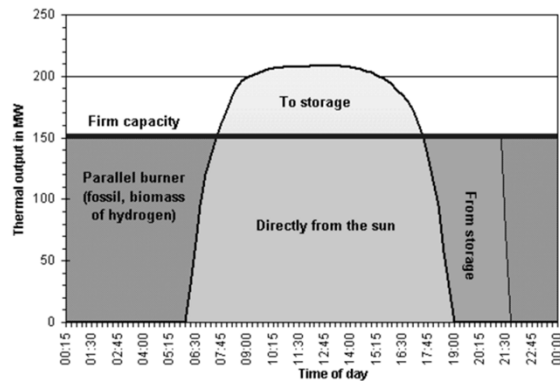


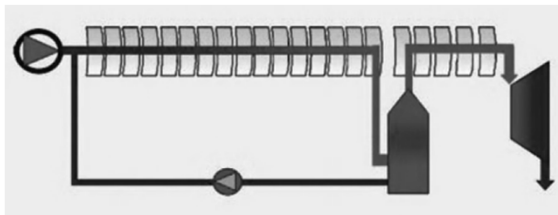
FIGURE 2. Typical output of a solar thermal power plant with two-hour thermal storage and backup heater to guarantee capacity

## Parabolic Trough

- سی سال پیش، بیش از  $350\text{MW}_{el}$  نیروگاه حرارت متمرکز خورشیدی به صورت Parabolic Trough فقط در آمریکا وجود داشت
- این پروژه ها به دلیلی ساخته شدند که قیمت نفت به شدت رشد پیدا کرده بود (با احتساب تورم تا بشکله ای ۱۰۰ دلار هم رفت)
- ولی از آنجا که سوخت های فسیلی پس از آن، آن طور که توقع می رفت افزایش قیمت نداشته اند، رشد این تکنولوژی کند شد
- آن سیستم ها هنوز در حال کار هستند

## استفاده از آب

- تحقیقاتی پیرامون استفاده مستقیم آب انجام شده است

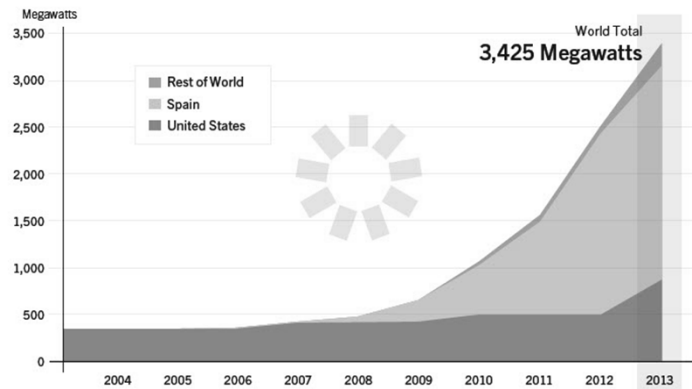


- اول بخار و آب تولید می شود، سپس بخار superheat می شود

## Parabolic Trough

- به دلیل قوانین تشویقی در اسپانیا در سال ۲۰۰۴ (خرید برق به قیمت 0.28 سنت یورو به ازای هر کیلووات ساعت) بازار این کشور در سال های بعد منفجر شد
- به طور کلی، انرژی های تجدیدپذیر (از هر نوع) نیاز به مشوق ها در بازار دارند تا بتوانند وارد رقابت با سوخت فسیلی شوند ولی پس از شکل گیری تکنولوژی نیاز به مشوق کاهش پیدا می کند

## تأثیر سیاست گذاری



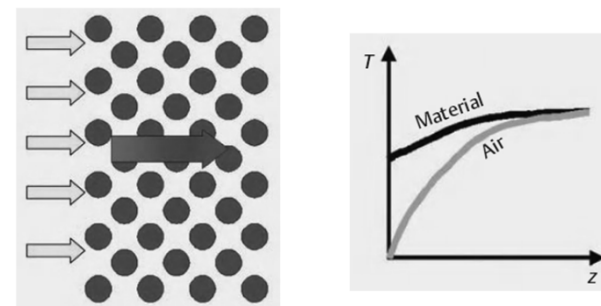
## سیستم دریافت کننده مرکزی

- از اوایل دهه ۸۰ کار بر روی آن ها شروع شد
- به دلیل این که می توانند درجه حرارت را به بیش از ۱۰۰۰ درجه برسانند، می توانند راندمان بالاتری داشته باشند
- در سیستم های جدید از نمک های ذوب شده (پتاسیم و سدیم) برای انتقال حرارت و تولید بخار آب استفاده می شود
- هم قیمتشان مناسب است و هم می توانند در تانک های فشار پایین برای حفظ گرما نگهداری شوند
- نقطه ذوب حدود ۲۰۰ درجه

## Ivanpah

Video clip inserted





## استفاده از هوا



## انتشار دی اکسید کربن

- اگر تمام مراحل مربوط به فن آوری تولید برق را در نظر بگیریم (ساخت تجهیزات، ساخت نیروگاه، بهره برداری و نگهداری، تخریب نهایی نیروگاه) نیروگاه های خورشیدی حرارتی میزان بسیار کمی دی اکسیدکربن به ازای هر مگاوات ساعت تولید می کنند
- تقریباً برابر با انرژی برق آبی (کمی بیش از بادی و هسته ای)
- حدود یک سوم انرژی زمین گرمایی و خورشیدی به روش PV
- حدود یک سی ام گاز طبیعی

Operational solar thermal power stations (of at least 50 MW capacity)

Electrical capacity (MW)	Name	Country	Location	Coordinates	Technology type	Notes and references
50	Lebrija-1	 Spain	Lebrija		Parabolic trough	Completed July 2011 <sup>[22][82]</sup>
50	Astexol 2	 Spain	Badajoz	 38°48'42"N 7°3'36"W	Parabolic trough	Completed November 2011, with 7.5h thermal energy storage <sup>[22][59]</sup>
50	Morón	 Spain	Morón de la Frontera	 37°7'11.24"N 5°33'50.45"W	Parabolic trough	Completed May 2012 <sup>[22]</sup>
50	La Africana	 Spain	Posada		Parabolic trough	Completed July 2012, with 7.5h thermal energy storage <sup>[22]</sup>
50	Olivenza 1	 Spain	Olivenza	 38°45'18.73"N 7°8'40.42"W	Parabolic trough	Completed July 2012 <sup>[22]</sup>
50	Orellana	 Spain	Orellana la Vieja	 39°1'17.6"N 5°31'57.4"W	Parabolic trough	Completed August 2012 <sup>[22]</sup>
50	Godawari Green Energy Limited	 India	Nokh Village, Rajasthan	 27°36'01"N 72°13'25"E	Parabolic trough	2013 <sup>[63][64][65]</sup>
50	Enerstar Villena Power Plant	 Spain	Villena	 38°43'41.51"N 0°55'18.23"W	Parabolic trough	Completed 2013 <sup>[22][66]</sup>
50	Megha Solar Plant	 India	Anantapur	 14°56'47"N 77°41'15"W	Parabolic trough	Completed 2014 <sup>[67][68]</sup>
50	La Dehesa	 Spain	La Garrovilla (Badajoz)	 38°57'35"N 6°27'50"W	Parabolic trough	Completed November 2010 <sup>[22]</sup>

## نیروگاه های ایران

- نیروگاه حرارتی خورشیدی شیراز (۲۰۰۸)
  - تحقیقاتی ۲۵۰ کیلووات – افزایش به ۵۰۰ کیلووات
  - شرکت های ایرانی و دانشکده مکانیت دانشگاه شیراز
  - نیروگاه حرارتی خورشیدی یزد (۲۰۱۱ تکمیل خورشیدی)
  - حرارتی خورشیدی (۱۷ مگاوات) به همراه دو واحد ژنراتور گازی (هر یک ۱۵۹ مگاوات) و یک واحد بخار (۱۶۰ مگاوات)
- It is the world's first combined cycle power plant using solar power and natural gas.