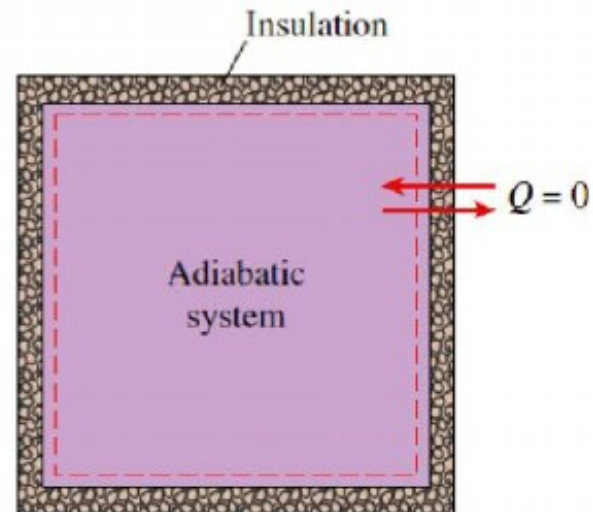
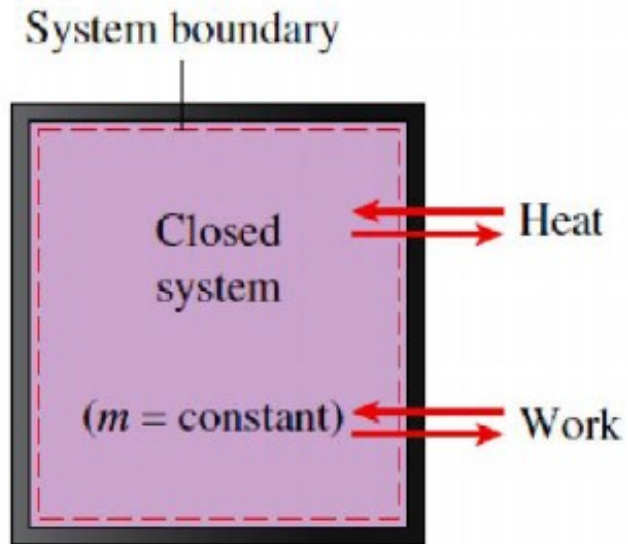


۳- انتقال انرژی

• انتقال انرژی توسط گرما

- گفتیم که انرژی به دو صورت می تواند از مرز سیستم عبور کند: کار و گرما
- نوعی از انرژی را که به واسطه ی اختلاف دما منتقل می گردد، گرما می نامیم.
- جهت انتقال گرما در طبیعت از جسم گرم به سرد است.
- در اینجا از واژه ی گرما بجای انتقال گرما استفاده می شود.
- اگر در یک فرآیند، انتقال گرما صورت نپذیرد، آن فرایند را آدیاباتیک (adiabatic) می نامند.



• انتقال انرژی توسط گرما (ادامه)

• واحد گرما نیز همانند انرژی با ژول یا Btu نمایش داده می‌شود.

• گرمای جابجا شده در طی یک فرآیند که در آن وضعیت سیستم از حالت ۱ به حالت ۲ تغییر

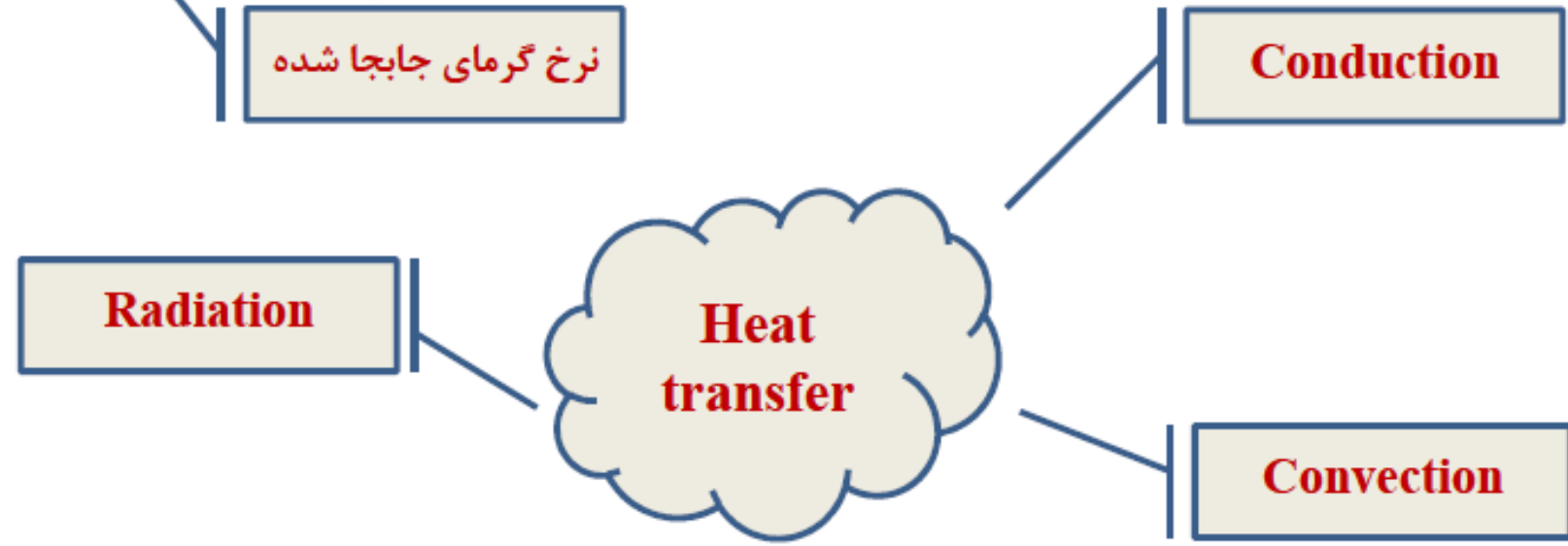
کرده است را با Q_{12} نشان می‌دهند.

$$q = \frac{Q}{m} \quad (\text{kJ/kg})$$

گرمای جابجا شده
به‌ازای واحد جرم

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q} dt \quad (\text{kJ})$$

نرخ گرمای جابجا شده



• انتقال انرژی توسط کار

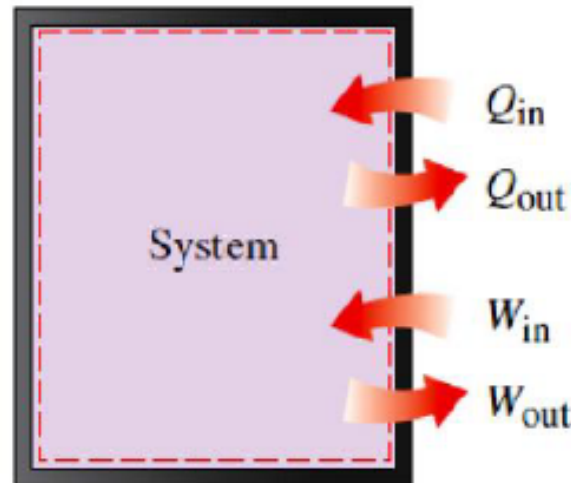
- اگر انرژی عبور کرده از مرز سیستم از جنس گرما نباشد، پس می‌بایست نوعی از کار باشد.
- از آنجا که انتقال گرما لزوماً به واسطه‌ی اختلاف دما بوجود می‌آید، تشخیص آن نیز ساده است.
- کار نیز نوعی از انرژی است که انتقال آن را بین دو حالت با W_{12} نشان می‌دهند.

$$w = \frac{W}{m}$$

(kJ/kg)

کار انجام شده به‌ازای
واحد جرم

- به کار انجام شده در واحد زمان، توان (Power) می‌گویند و واحد آن کیلوژول بر ثانیه یا وات است.



رعایت جهت مناسب
برای انتقال کار و گرما
الزامی است.

• انتقال انرژی توسط کار (ادامه)

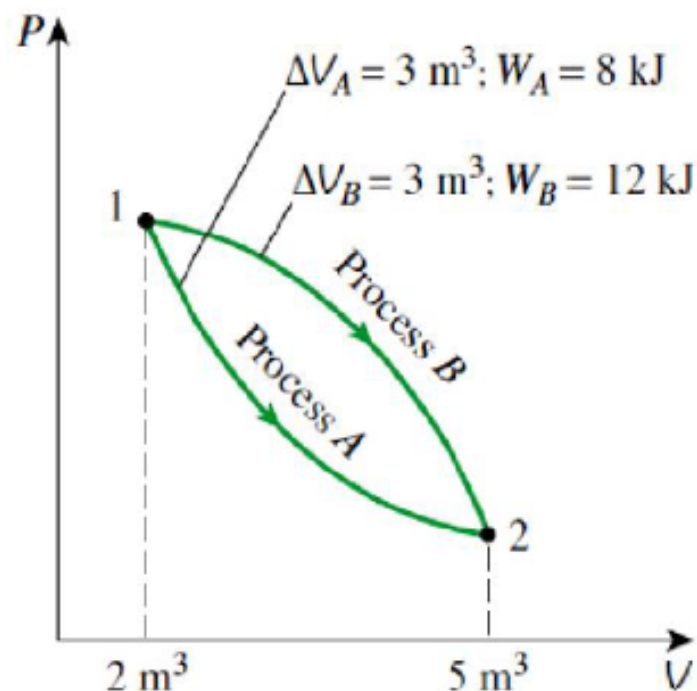
• کار و گرما، هر دو نوعی از انتقال انرژی بین سیستم و محیط می‌باشند و دارای شباهت‌های زیادی هستند.

• هر دوی آنها پدیده‌هایی مرزی هستند که در هنگام انتقال در مرز سیستم قابل شناسایی می‌باشند.

• سیستم‌ها دارای انرژی می‌باشند، نه کار و گرما.

• هر دو مرتبط با فرآیند هستند، نه حالت سیستم.

• هر دوی آنها توابعی وابسته به مسیر هستند.



با وجود یکسان بودن حالت ۱ و ۲ برای این فرآیند، مقدار کار انجام شده در آنها با توجه به مسیر آن با یکدیگر متفاوت است.

$$\int_1^2 \delta W = W_{12} \quad (\text{not } \Delta W)$$

• کار الکتریکی

• توان الکتریکی بر حسب وات بر حسب ولتاژ و جریان الکتریکی بیان می گردد.

$$\dot{W}_e = \mathbf{V}I \quad (\text{W})$$

• و کل کار الکتریکی منتقل شده برابر است با:

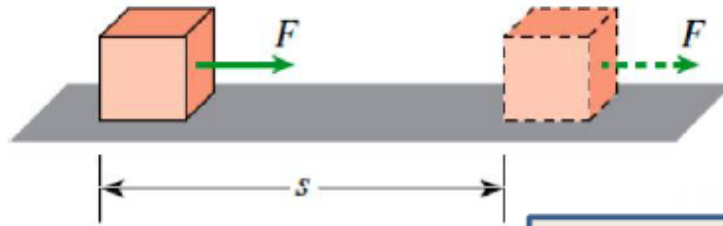
$$W_e = \int_1^2 \mathbf{V}I dt \quad (\text{kJ})$$

۴- کار مکانیکی

تعریف

روش‌های مختلفی برای انجام کار مکانیکی وجود دارد.

مثلاً اعمال نیروی F در طول یک مسیر s :



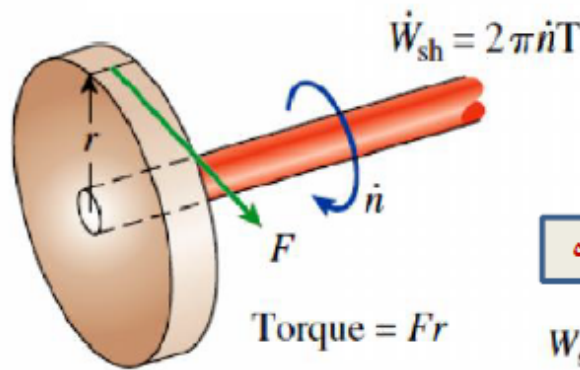
$$W = Fs \quad (\text{kJ})$$

$$W = \int_1^2 F ds \quad (\text{kJ})$$

در صورتی که مقدار نیرو ثابت نباشد.

بنابراین حتماً می‌بایست نیرو و جابجایی وجود داشته باشند.

کار شافت (Shaft work)



گشتاور

$$T = Fr \rightarrow F = \frac{T}{r}$$

تعداد دور

$$s = (2\pi r)n$$

مسیر پیموده شده

$$W_{sh} = Fs = \left(\frac{T}{r}\right)(2\pi rn) = 2\pi nT \quad (\text{kJ})$$

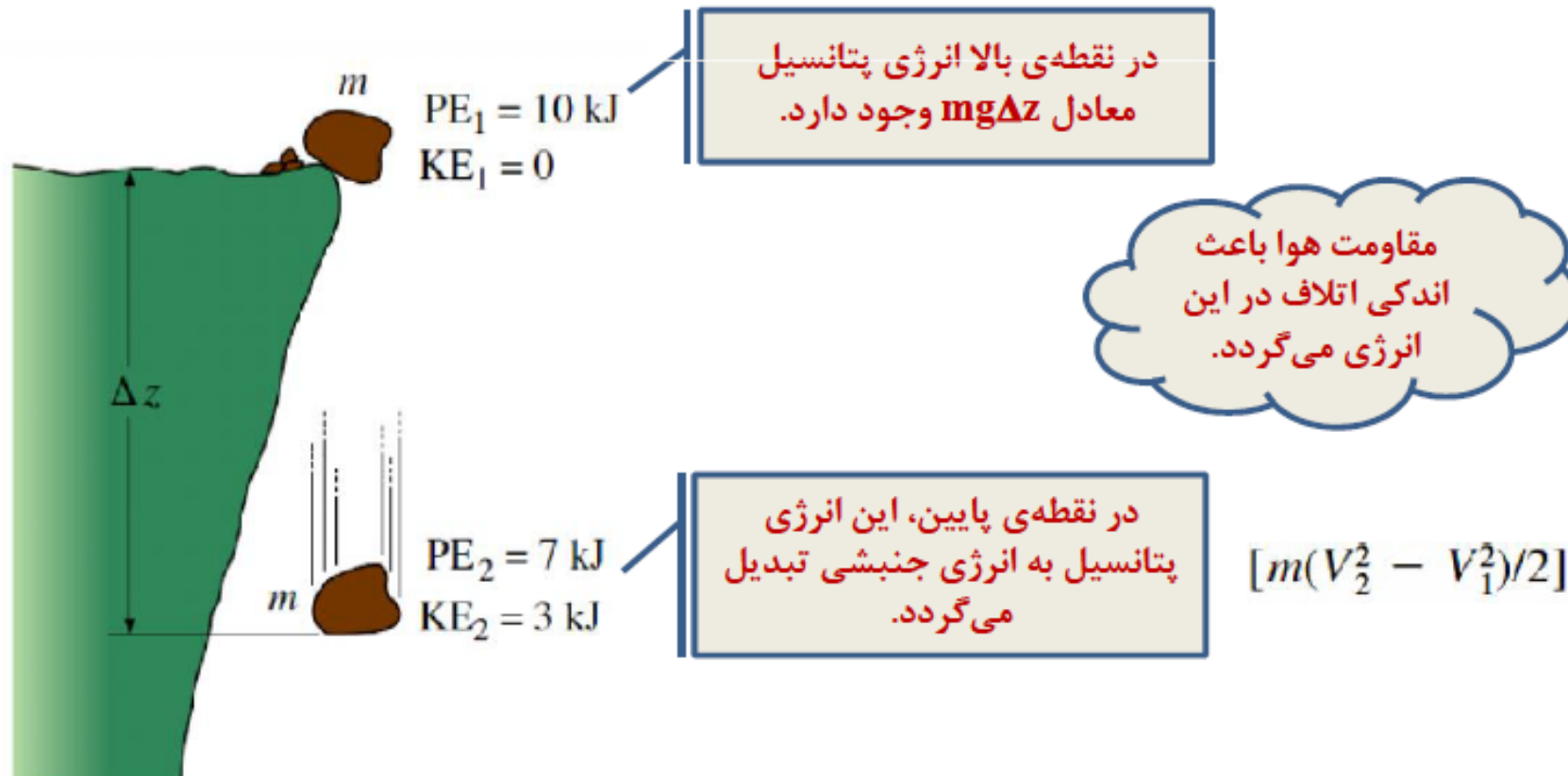
توان شافت

$$\dot{W}_{sh} = 2\pi nT \quad (\text{kW})$$

۵- مقدمه‌ای بر قانون اول ترمودینامیک

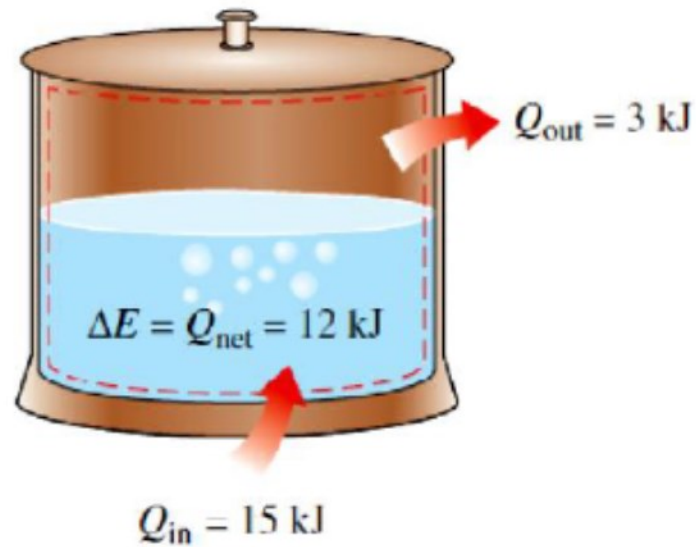
• تعریف

- تاکنون با اشکال مختلف انرژی آشنا شدیم. (گرما Q ، کار W و انرژی کل E)
- همچنین گفتیم که این انواع انرژی به یکدیگر تبدیل می‌گردند.
- اما هنوز ارتباط آنها با یکدیگر را معرفی نکردیم.
- قانون اول ترمودینامیک همان اصل پایستاری انرژی می‌باشد.

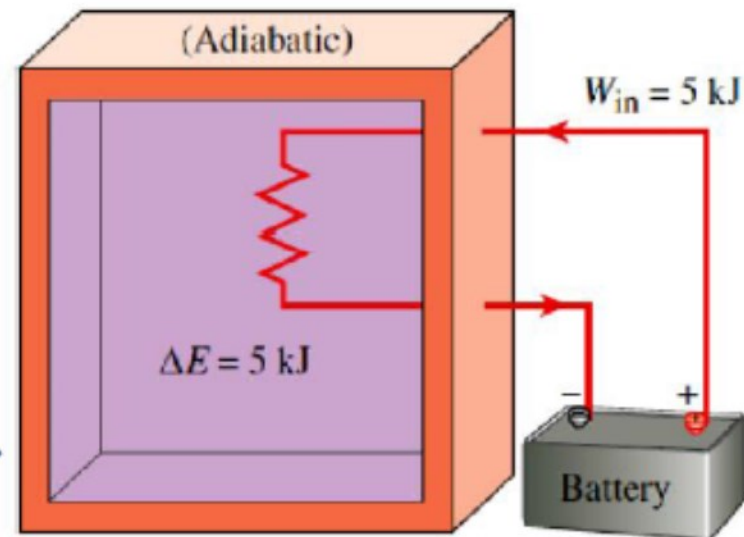


• مواردی از قانون اول ترمودینامیک

- یک ظرف زودپز که در معرض گرما قرار دارد را در نظر بگیرید.
- مقدار ۱۵ کیلوژول انرژی گرمایی به ظرف داده شده است.
- سه کیلوژول از این انرژی بصورت اتلاف به محیط منتقل می گردد.
- بنابراین ۱۲ کیلوژول نیز باعث افزایش انرژی کل مایع درون ظرف می شود.



انتقال ۵ کیلوژول کار الکتریکی نیز باعث افزایش ۵ کیلوژول انرژی کل سیستم ایزوله می گردد.



• موازنه‌ی انرژی

• در فرآیندی که اندرکنش کار و تبادل انرژی وجود داشته باشد می‌توان نوشت:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Total energy} \\ \text{entering the system} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Total energy} \\ \text{leaving the system} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Change in the total} \\ \text{energy of the system} \end{array} \right)$$

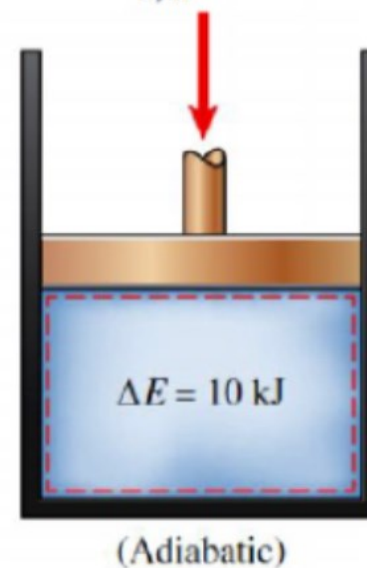
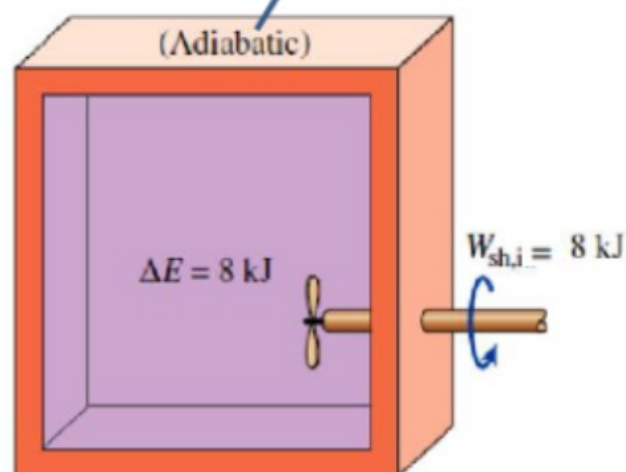
• بنابراین:

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{system}$$

رابطه‌ی موازنه‌ی انرژی

$$W_{b,in} = 10 \text{ kJ}$$

سیستم ایزوله منجر به انجام
فرآیند آدیاباتیکی می‌گردد.



• تغییرات انرژی در سیستم

• تغییرات انرژی در سیستم، همان تفاضل انرژی دو حالت نهایی و اولیه است.

$$\Delta E_{\text{system}} = E_{\text{final}} - E_{\text{initial}} = E_2 - E_1$$

• انرژی نیز یک خاصیت از ماده است و در صورتی تغییر می کند که حالت ماده تغییر کند.

$$\Delta E = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE$$

انرژی پتانسیل

انرژی درونی

انرژی جنبشی

• که در اینجا:

$$\Delta U = m(u_2 - u_1)$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2} m(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\Delta PE = mg(z_2 - z_1)$$

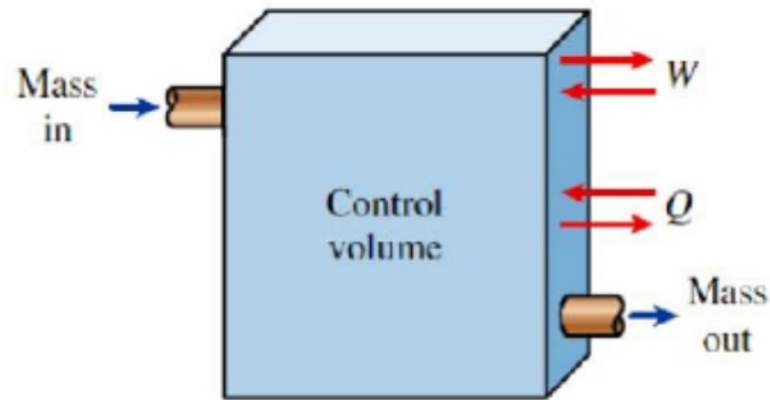
در یک سیستم ساکن، تغییرات در انرژی پتانسیل و جنبشی صفر است. بنابراین در چنین سیستم‌هایی، تغییرات انرژی کل همان تغییرات انرژی درونی می باشد.

• انرژی به سه طریق منتقل می گردد: گرما (heat)، کار (work) و جریان جرم (mass flow).

$$E_{\text{in}} - E_{\text{out}} = (Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}) + (W_{\text{in}} - W_{\text{out}}) + (E_{\text{mass,in}} - E_{\text{mass,out}}) = \Delta E_{\text{system}}$$

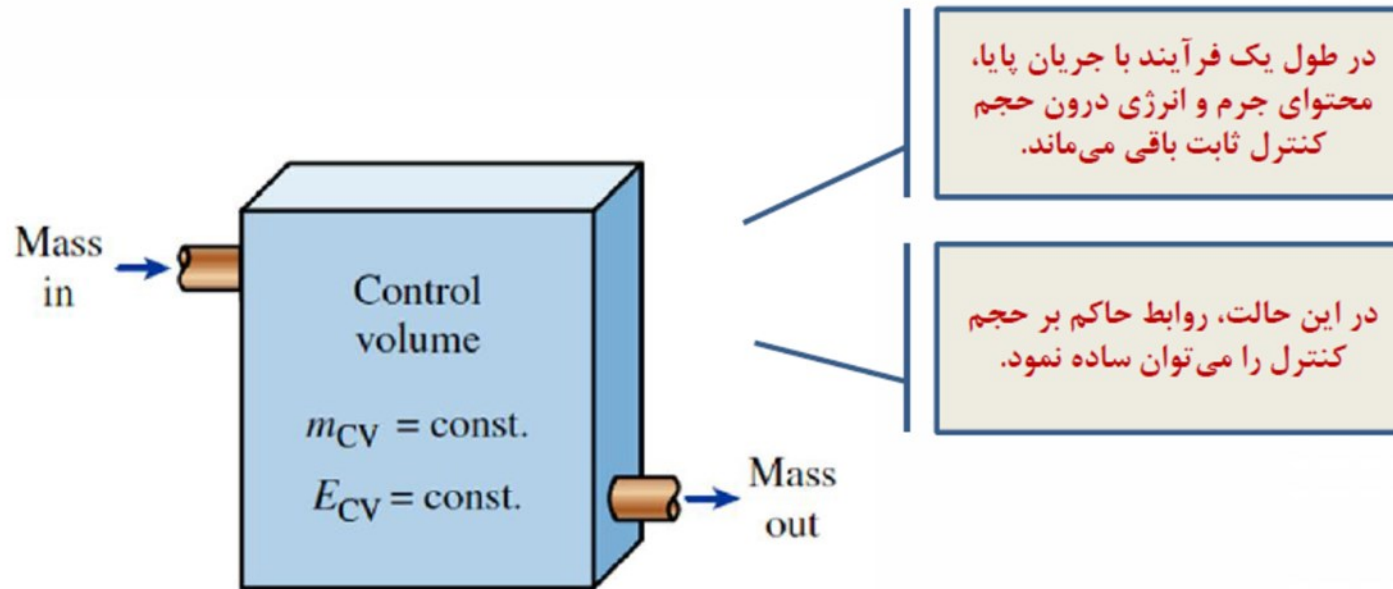
$$\underbrace{E_{\text{in}} - E_{\text{out}}}_{\text{Net energy transfer by heat, work, and mass}} = \underbrace{\Delta E_{\text{system}}}_{\text{Change in internal, kinetic, potential, etc., energies}} \quad (\text{kJ})$$

$$\underbrace{\dot{E}_{\text{in}} - \dot{E}_{\text{out}}}_{\text{Rate of net energy transfer by heat, work, and mass}} = \underbrace{dE_{\text{system}}/dt}_{\text{Rate of change in internal, kinetic, potential, etc., energies}} \quad (\text{kW})$$



• فرآیندهای با جریان پایا (steady-flow process)

- کلمه‌ی پایا و یکنواخت (uniform) در تجهیزات مهندسی کاربرد بسیار زیادی دارند.
- هنگامی می‌توان از واژه‌ی پایا استفاده نمود که در مشخصات فرآیند، تغییری با زمان رخ ندهد.
- جریان‌های غیرپایا یا گذرا (unsteady) در نقطه‌ی مقابل جریان‌های پایا قرار دارند.
- بسیاری از تجهیزات مهندسی را می‌توان با جریان پایا در نظر گرفت.



$$\underbrace{\dot{E}_{\text{in}} - \dot{E}_{\text{out}}}_{\text{Rate of net energy transfer by heat, work, and mass}} = \underbrace{\frac{dE_{\text{system}}}{dt}}_{\text{Rate of change in internal, kinetic, potential, etc., energies}} \overset{0(\text{steady})}{=} 0 \rightarrow \dot{E}_{\text{in}} = \dot{E}_{\text{out}}$$

۵- مقدمه‌ای بر قانون اول ترمودینامیک

مثال

• نور یک کلاس درس با استفاده از ۳۰ لامپ فلئورسنت که توان برق مصرفی هر کدام از آنها ۸۰ وات است تأمین می‌گردد. این لامپ‌ها روزانه به میزان ۱۲ ساعت روشن بوده و ۲۵۰ روز در سال فعالیت دارند. اگر هزینه‌ی هر کیلووات ساعت برق مصرفی ۱۱ سنت باشد، قیمت تمام شده‌ی برق در طول یک سال چه مقدار بوده و اثرات گرمایشی ناشی از روشن بودن این لامپ‌ها را بررسی نمایید.

حل

• توان مورد نیاز برای روشنایی:

$$\begin{aligned}\text{Lighting power} &= (\text{Power consumed per lamp}) \times (\text{No. of lamps}) \\ &= (80 \text{ W/lamp})(30 \text{ lamps}) \\ &= 2400 \text{ W} = 2.4 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$\text{Operating hours} = (12 \text{ h/day})(250 \text{ days/year}) = 3000 \text{ h/year}$$

$$\begin{aligned}\text{Lighting energy} &= (\text{Lighting power})(\text{Operating hours}) \\ &= (2.4 \text{ kW})(3000 \text{ h/year}) = 7200 \text{ kWh/year}\end{aligned}$$

• قیمت تمام شده:

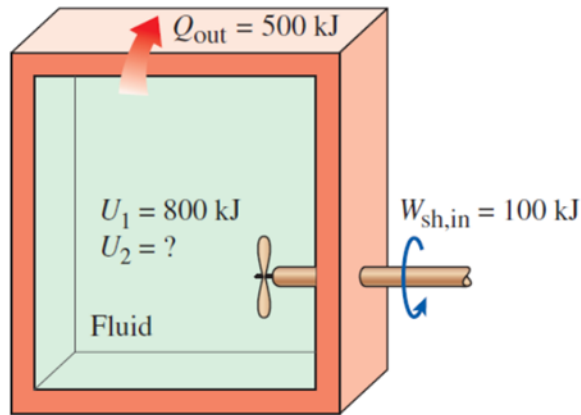
$$\begin{aligned}\text{Lighting cost} &= (\text{Lighting energy})(\text{Unit cost}) \\ &= (7200 \text{ kWh/year})(\$0.11/\text{kWh}) = \mathbf{\$792/\text{year}}\end{aligned}$$

• روشنایی کلاس در فصل زمستان می‌توان ۲/۴ کیلووات از گرمای مورد نیاز را تأمین کند.

• از طرفی در فصل تابستان همین مقدار به ظرفیت مورد نیاز برای سرمایش کلاس می‌افزاید.

مثال

- مخزنی صلب حاوی سیال داغ می باشد. سیال در حالی که حرارت از دست می دهد توسط یک چرخ پدالی به هم زده می شود. در ابتدا انرژی داخلی سیال ۸۰۰ کیلوژال است. در طی فرایند خنک شدن سیال ۵۰۰ کیلوژول گرما از دست داده و ۱۰۰ کیلوژول کار روی سیال انجام می دهد. انرژی درونی پایانی سیال چقدر است



حل

$$\Delta E = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE$$

$$\Delta KE = \Delta PE = 0. \text{ Therefore, } \Delta E = \Delta U$$

Applying the energy balance on the system gives

$$\underbrace{E_{\text{in}} - E_{\text{out}}}_{\text{Net energy transfer by heat, work, and mass}} = \underbrace{\Delta E_{\text{system}}}_{\text{Change in internal, kinetic, potential, etc., energies}}$$

We observe that the volume of a rigid tank is constant, and thus there is no moving boundary work. Also, heat is lost from the system and shaft work is done on the system. Applying the energy balance on the system gives

$$\underbrace{E_{\text{in}} - E_{\text{out}}}_{\text{Net energy transfer by heat, work, and mass}} = \underbrace{\Delta E_{\text{system}}}_{\text{Change in internal, kinetic, potential, etc., energies}}$$

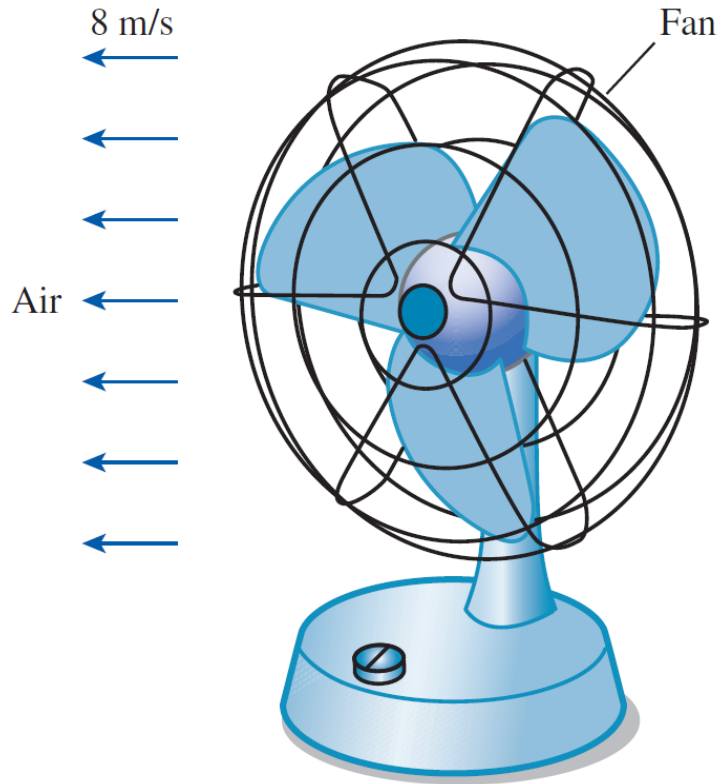
$$W_{\text{sh,in}} - Q_{\text{out}} = \Delta U = U_2 - U_1$$

$$100 \text{ kJ} - 500 \text{ kJ} = U_2 - 800 \text{ kJ}$$

$$U_2 = \mathbf{400 \text{ kJ}}$$

مثال

- ادعا شده است یک پنکه الکتریکی هنگام کار و جابجایی هوا با دبی ۱ کیلوگرم بر ثانیه و سرعت ۸ متر بر ثانیه ۲۰ وات انرژی مصرف می کند. آیا این ادعا درست است؟



حل

- برای بررسی ادعا کافی است قانون اول ترمودینامیک را بکار بگیریم.
- این ادعا نباید اصل بقا انرژی را نقض کند

the kinetic energy of air. Therefore, for a control volume that encloses the fan-motor unit, the energy balance can be written as

$$\underbrace{\dot{E}_{\text{in}} - \dot{E}_{\text{out}}}_{\text{Rate of net energy transfer by heat, work, and mass}} = \underbrace{dE_{\text{system}}/dt}_{\text{Rate of change in internal, kinetic, potential, etc., energies}} \overset{0(\text{steady})}{=} 0 \rightarrow \dot{E}_{\text{in}} = \dot{E}_{\text{out}}$$

$$\dot{W}_{\text{elect, in}} = \dot{m}_{\text{air}} \text{ke}_{\text{out}} = \dot{m}_{\text{air}} \frac{V_{\text{out}}^2}{2}$$

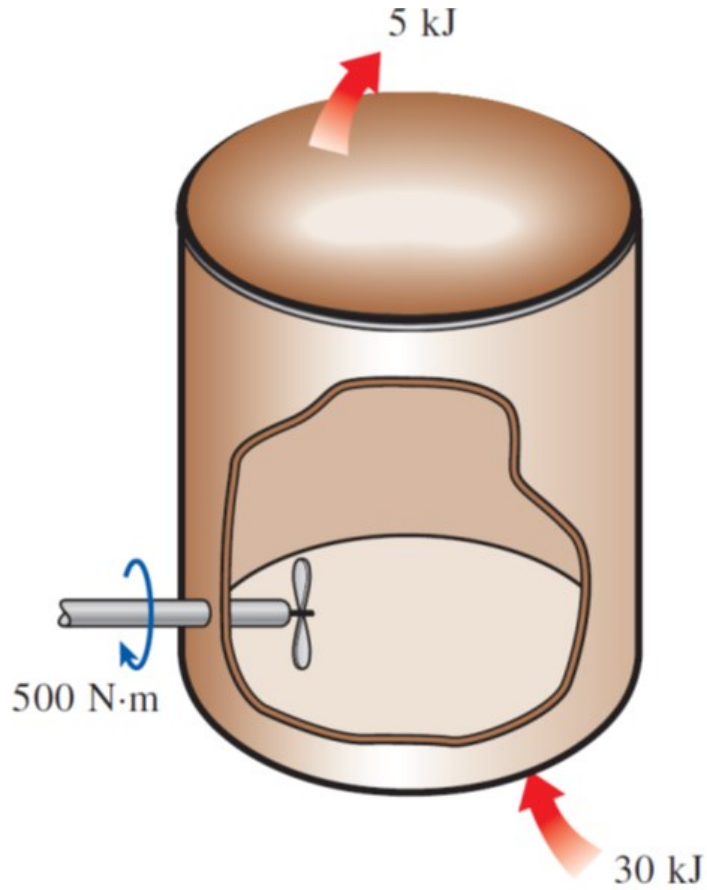
Solving for V_{out} and substituting gives the maximum air outlet velocity to be

$$V_{\text{out}} = \sqrt{\frac{2\dot{W}_{\text{elect, in}}}{\dot{m}_{\text{air}}}} = \sqrt{\frac{2(20 \text{ J/s})}{1.0 \text{ kg/s}} \left(\frac{1 \text{ m}^2/\text{s}^2}{1 \text{ J/kg}} \right)} = 6.3 \text{ m/s}$$

which is less than 8 m/s. Therefore, the claim is **false**.

Discussion The conservation of energy principle requires the energy to be preserved as it is converted from one form to another, and it does not allow any energy to be created or destroyed during a process. From the first law point of view, there is nothing wrong with the conversion of the entire electrical energy into kinetic energy. Therefore, the first law has no objection to air velocity reaching 6.3 m/s—but this is the upper limit. Any claim of higher velocity is in violation of the first law, and thus impossible. In reality, the air velocity will be considerably lower than 6.3 m/s because of the losses associated with the conversion of electrical energy to mechanical shaft energy, and the conversion of mechanical shaft energy to kinetic energy of air.

حل چند مسئله از قانون اول ترمودینامیک



نشان
آب در داخل یک مخزن بسته که بر روی یک اجزای قرار گرفته است گرم می شود.
در حین گرم شدن آب توسط یک همزن مکانیکی به هم می زرد و آشوب
در آن فراواند. 30 kJ گرما به آب وارد شده و فرایند حرارت به سطح مایع
می شود. همزن مکانیکی $500 \text{ N}\cdot\text{m}$ کار انجام می دهد. چنانچه انرژی
اولیه سیستم 10 kJ باشد، انرژی نهایی آن را حساب کنید.

۸

حل:

$$\Delta K_e = 0$$

فرضیات: مخزن ساکن است بنابراین

$$\Delta P_e = 0$$

آب را در مخزن را به وسیله فرفره می کشیم. بنابراین سطح سطح آب

کماندن اول را برابر سطح (حجم) میار (توسیع)

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{sys}$$

$$Q_{in} + W_{sh,in} - Q_{out} = \Delta U = U_2 - U_1$$

$$\Downarrow \quad \uparrow \quad ?$$

$$30 \text{ kJ} + \frac{500}{1000} - 5 = U_2 - 10 \Rightarrow U_2 = 35.5 \text{ kJ}$$

حل:

فرضیات: ۱- فرایند پایاست؛ ۲- هم $\frac{dE_{sys}}{dt} = 0$ و هم $\frac{dE_{out}}{dt} = 0$ است

۳- در سطح استخر و سطح رودخانه سرعت قابل چشم پوشی است

کنترل: قانون لاول ترمودینامیک را بر این سیستم خوانند یا نه؟

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \frac{dE_{sys}}{dt} = 0 \Rightarrow \dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$$

$$W_{in} + \dot{m} p_{e1} = \dot{m} p_{e2}$$

$$\Rightarrow W_{in} = \dot{m} (p_{e2} - p_{e1}) = \dot{m} \Delta p_e = \dot{m} g (z_2 - z_1)$$

$$\Delta KE = 0 \quad \text{نویساریم}$$

21

← $\dot{V}_{\text{flow}}$

آفتاب چون آب برابر است ؟
 $m = \rho V = 1000 \times \frac{50}{1000}$ $1L = \frac{1 \text{ m}^3}{1000}$

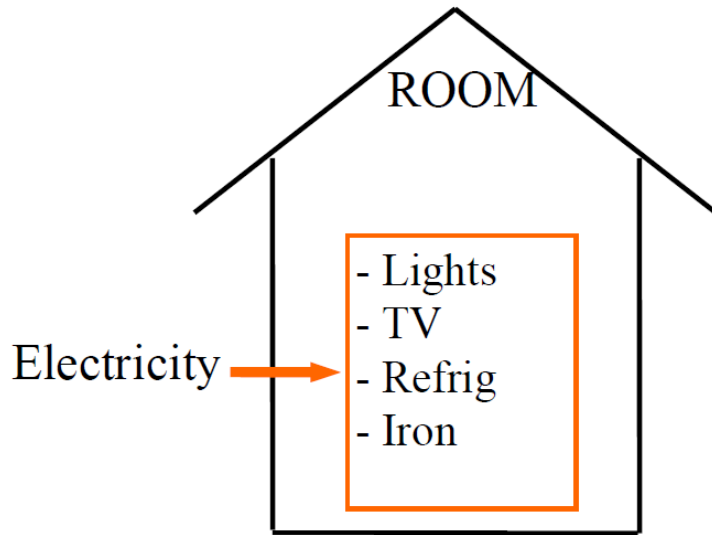
$\dot{m} = 50 \text{ kg/s}$

$\dot{W}_{10} = \dot{m}g(z_1 - z_2) = 50 \times 9.81(30 - 0)$

$= 14.7 \text{ kJ/s} = 14.7 \text{ kW} \gg 2 \text{ kW}$

مخالف است ؟

مثال: یک اتاق در نظر بگیرید ابتدا در دما خارج 20°C قرار داشته است. در داخل این اتاق یک لامپ 40^{W} یک تلویزیون 110^{W} یک یخچال 300^{W} و یک انرژی 1200^{W} قرار دارد. فرض کنید هیچ گرمایی به بیرون منتقل نشود. آنگاه افزایش انرژی محتوای اتاق نسبت به (۱) دستگاهی روشن باشد را حساب کنید:



۲

حل: خرفه‌نات : اتاق کاغذ حالتی نپیدااست تلفات گرمای از آن
ناچیز است ، ۲- تمام تجهیزات روشن هستند.

تحلیل: اتاق را سیستم گرمه و تلفات لول را در نظر می‌گیریم.

در هر راجح سیستم پایا نیست

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \frac{dE_{sys}}{dt} = \frac{dE_{room}}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{dE_{room}}{dt} = \dot{E}_{in}$$

$$\checkmark \quad \dot{E}_{in} = \dot{E}_{light} + \dot{E}_{TV} + \dot{E}_{Ref} + \dot{E}_{iron}$$

$$\Rightarrow \dot{E}_{in} = 40 + 110 + 300 + 1200$$

$$= 1650 \text{ W}$$

$$\Rightarrow \frac{d\dot{E}_{room}}{dt} = \dot{E}_{in} = 1650 \text{ W}$$

۶- بازده تبدیل انرژی

• تعریف

• بازده، یکی از واژه‌های پرکاربرد در علم ترمودینامیک می‌باشد.

• تعریف بازده را می‌توان به این صورت ارائه نمود:

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Desired output}}{\text{Required input}}$$

خروجی مورد نظر

خروجی مورد نیاز

• بعنوان مثال می‌توان بازدهی یک آب‌گرمکن را به این شکل تعریف نمود:

• نسبت انرژی داده شده به ساختمان توسط آب‌گرمکن به انرژی تأمین شده برای آن توسط

انرژی الکتریکی.

چرا بازدهی انرژی
آب‌گرمکن گازی
کمتر است؟

Type	Efficiency
Gas, conventional	55%
Gas, high-efficiency	62%
Electric, conventional	90%
Electric, high-efficiency	94%

۶- بازده تبدیل انرژی

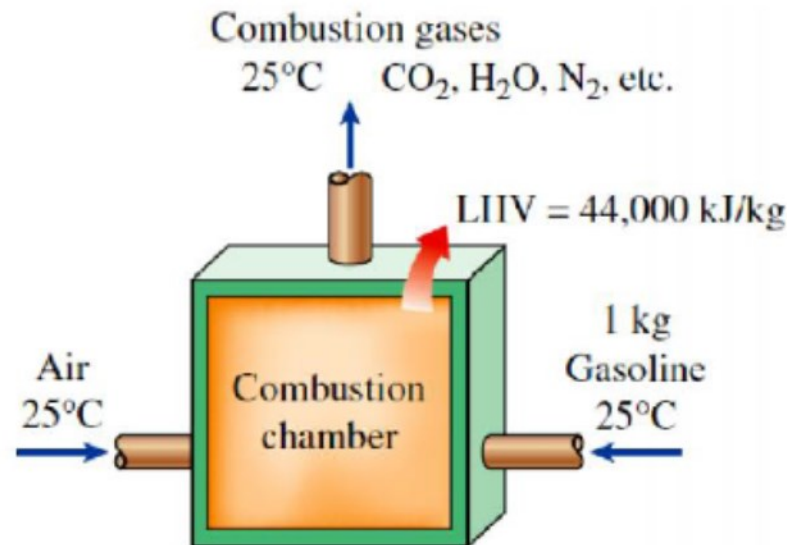
• تعریف (ادامه)

• انرژی گرمایی منتشر شده از اشتعال سوخت را می توان به شکل زیر تعریف نمود.

• مقدار گرما (Heat value) برای یک سوخت بصورت گرمای آزاد شده ناشی از اشتعال مقدار واحد آن و رسیدن دوباره به دمای اتاق تعریف می گردد.

بازدهی احتراق

$$\eta_{\text{combustion}} = \frac{Q}{HV} = \frac{\text{Amount of heat released during combustion}}{\text{Heating value of the fuel burned}}$$



تعریف دقیق
مقدار گرما

۶- بازده تبدیل انرژی

• تعریف (ادامه)

• بسیاری از تجهیزات برای تبدیل انرژی از چند فرآیند مختلف تشکیل شده که هر کدام از آنها دارای بازدهی خاص خود است.

$$\eta_{\text{overall}} = \eta_{\text{combustion}} \eta_{\text{thermal}} \eta_{\text{generator}} = \frac{\dot{W}_{\text{net,electric}}}{\text{HHV} \times \dot{m}_{\text{fuel}}}$$

بازدهی یک ژنراتور

• بازدهی تجهیزات مکانیکی و الکتریکی

• بازدهی مکانیکی:

$$\eta_{\text{mech}} = \frac{\text{Mechanical energy output}}{\text{Mechanical energy input}} = \frac{E_{\text{mech,out}}}{E_{\text{mech,in}}} = 1 - \frac{E_{\text{mech,loss}}}{E_{\text{mech,in}}}$$

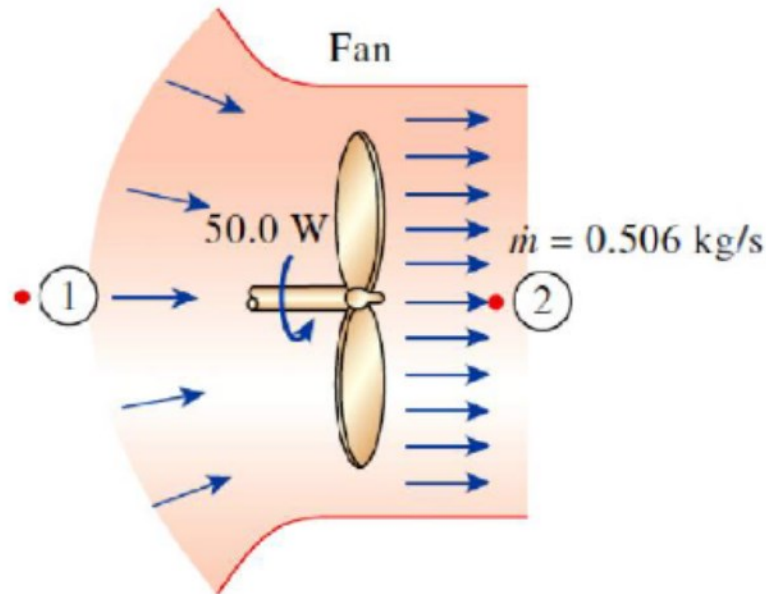
۶- بازده تبدیل انرژی

• بازدهی تجهیزات مکانیکی و الکتریکی (ادامه)

• در یک فن، کار محوری به نوعی از انرژی مکانیکی تبدیل می‌گردد.

$$\eta_{\text{mech}} = \frac{\text{Mechanical energy output}}{\text{Mechanical energy input}} = \frac{E_{\text{mech, out}}}{E_{\text{mech, in}}} = 1 - \frac{E_{\text{mech, loss}}}{E_{\text{mech, in}}}$$

• بازدهی مکانیکی ۹۳ درصد به این معنی است که سه درصد از انرژی مکانیکی به نوع دیگری از انرژی (مثلاً گرمایی) تبدیل شده است.



$$V_1 \approx 0, V_2 = 12.1 \text{ m/s}$$

$$z_1 = z_2$$

$$P_1 \approx P_{\text{atm}} \text{ and } P_2 \approx P_{\text{atm}}$$

$$\begin{aligned} \eta_{\text{mech, fan}} &= \frac{\Delta \dot{E}_{\text{mech, fluid}}}{\dot{W}_{\text{shaft, in}}} = \frac{\dot{m} V_2^2 / 2}{\dot{W}_{\text{shaft, in}}} \\ &= \frac{(0.506 \text{ kg/s})(12.1 \text{ m/s})^2 / 2}{50.0 \text{ W}} \\ &= 0.741 \end{aligned}$$

بازدهی مکانیکی فن

• بازدهی تجهیزات مکانیکی و الکتریکی (ادامه)

• بازدهی مکانیکی یک پمپ را می‌توان به این شکل بیان نمود:

$$\eta_{\text{pump}} = \frac{\text{Mechanical energy increase of the fluid}}{\text{Mechanical energy input}} = \frac{\dot{\Delta E}_{\text{mech, fluid}}}{\dot{W}_{\text{shaft, in}}} = \frac{\dot{W}_{\text{pump, u}}}{\dot{W}_{\text{pump}}}$$

$$\dot{\Delta E}_{\text{mech, fluid}} = \dot{E}_{\text{mech, out}} - \dot{E}_{\text{mech, in}} \quad \text{در حالی که:}$$

• و برای یک توربین:

$$\eta_{\text{turbine}} = \frac{\text{Mechanical energy output}}{\text{Mechanical energy decrease of the fluid}} = \frac{\dot{W}_{\text{shaft, out}}}{|\dot{\Delta E}_{\text{mech, fluid}}|} = \frac{\dot{W}_{\text{turbine}}}{\dot{W}_{\text{turbine, e}}}$$

• که در اینجا:

$$|\dot{\Delta E}_{\text{mech, fluid}}| = \dot{E}_{\text{mech, in}} - \dot{E}_{\text{mech, out}}$$

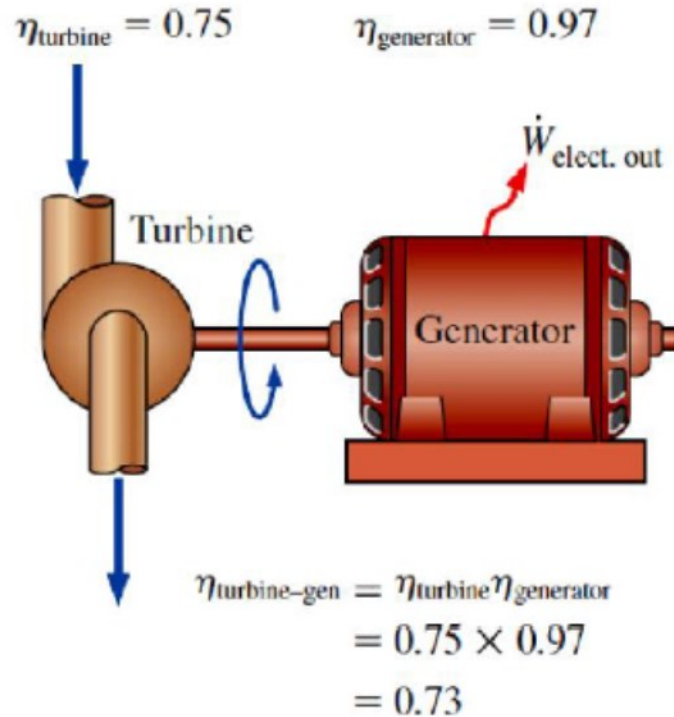
۶- بازده تبدیل انرژی

• بازدهی تجهیزات مکانیکی و الکتریکی (ادامه)

• و برای ترکیب ژنراتور و توربین:

$$\eta_{\text{motor}} = \frac{\text{Mechanical power output}}{\text{Electric power input}} = \frac{\dot{W}_{\text{shaft, out}}}{\dot{W}_{\text{elect, in}}} \quad \text{• بازدهی موتور}$$

$$\eta_{\text{generator}} = \frac{\text{Electric power output}}{\text{Mechanical power input}} = \frac{\dot{W}_{\text{elect, out}}}{\dot{W}_{\text{shaft, in}}} \quad \text{• بازدهی ژنراتور}$$



$$\eta_{\text{pump-motor}} = \eta_{\text{pump}} \eta_{\text{motor}}$$

$$= \frac{\dot{W}_{\text{pump, u}}}{\dot{W}_{\text{elect, in}}} = \frac{\Delta \dot{E}_{\text{mech, fluid}}}{\dot{W}_{\text{elect, in}}}$$

$$\eta_{\text{turbine-gen}} = \eta_{\text{turbine}} \eta_{\text{generator}}$$

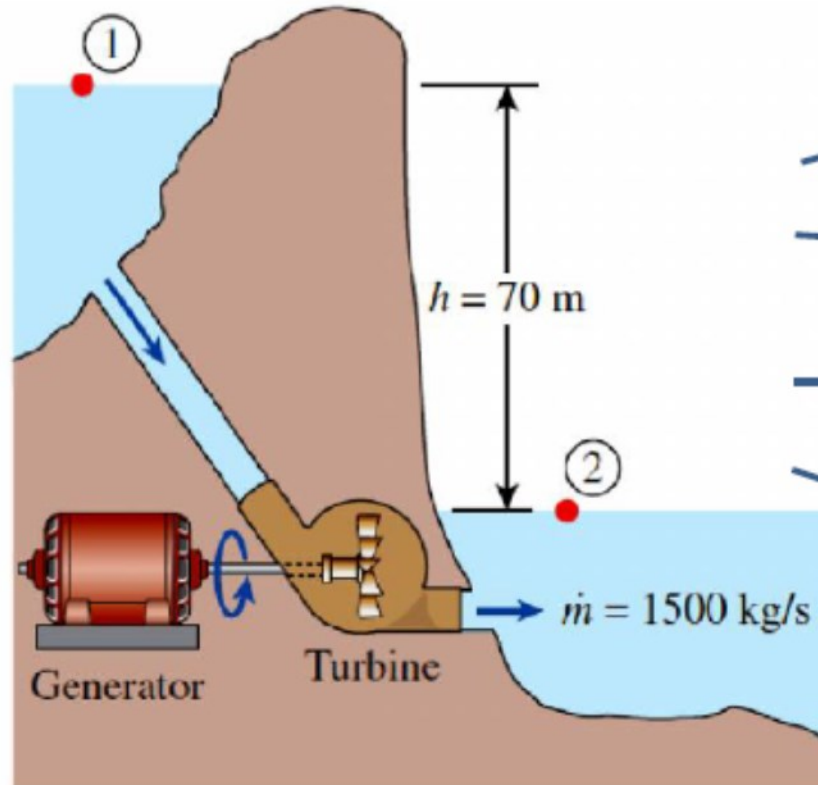
$$= \frac{\dot{W}_{\text{elect, out}}}{\dot{W}_{\text{turbine, e}}} = \frac{\dot{W}_{\text{elect, out}}}{|\Delta \dot{E}_{\text{mech, fluid}}|}$$

۶- بازده تبدیل انرژی

• بازدهی تجهیزات مکانیکی و الکتریکی (مثال)

• تولید برق از یک نیروگاه آبی

• همانند شکل زیر یک توربین آبی را در نظر بگیرید که ۷۰ متر پایینتر از سطح آزاد آب پشت سد قرار گرفته است. آب با دبی جریان یکنواخت ۱۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب از سد تخلیه می‌گردد. اگر توان خروجی از توربین ۸۰۰ کیلووات و توان خروجی ژنراتور ۷۵۰ کیلووات باشد، مطلوب است بازدهی توربین و همچنین مجموعه‌ی توربین و ژنراتور.



سطح آب در مخزن ثابت است.

انرژی مکانیکی آب در خروجی
توربین قابل صرفنظر کردن است.

توربین در سطح $z=0$ قرار گرفته
است.

در نقطه‌ی یک و دو فشار برابر
فشار اتمسفر است.

۶- بازده تبدیل انرژی

• بازدهی تجهیزات مکانیکی و الکتریکی (مثال)

• انرژی پتانسیل در نقطه‌ی ۱:

$$pe_1 = gz_1 = (9.81 \text{ m/s}^2)(70 \text{ m}) \left(\frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) = 0.687 \text{ kJ/kg}$$

نرخ ورود انرژی به توربین

$$\begin{aligned} |\Delta \dot{E}_{\text{mech, fluid}}| &= \dot{m}(e_{\text{mech, in}} - e_{\text{mech, out}}) = \dot{m}(pe_1 - 0) = \dot{m}pe_1 \\ &= (1500 \text{ kg/s})(0.687 \text{ kJ/kg}) \\ &= 1031 \text{ kW} \end{aligned}$$

• بازدهی ترکیب توربین و ژنراتور:

$$\eta_{\text{turbine-gen}} = \frac{\dot{W}_{\text{elect, out}}}{|\Delta \dot{E}_{\text{mech, fluid}}|} = \frac{750 \text{ kW}}{1031 \text{ kW}} = \mathbf{0.727} \text{ or } \mathbf{72.7\%}$$

• و بازدهی ژنراتور:

$$\eta_{\text{turbine}} = \frac{\dot{W}_{\text{elect, out}}}{|\dot{E}_{\text{mech, fluid}}|} = \frac{800 \text{ kW}}{1031 \text{ kW}} = \mathbf{0.776} \text{ or } \mathbf{77.6\%}$$

۱

مثال

یک موتور الکتریکی با توان خروجی 20 kW و بازده 88 درصد در نظر بگیرید.
 هنگام کار در شرایط بار کامل این موتور به قدر گرم با اتاق اضافه
 می‌کند. در زمستان این اتاق توسط یک هیتر الکتریکی 2 kW گرم
 می‌شود. آیا هنگام کار موتور در شرایط بار کامل نیاز به هیتر است؟

حل: فرضیات:

موتور در حالت بار کامل کار می‌کند

تحلیل: از تعریف بازده موتور داریم

$$\eta_{motor} = \frac{\dot{E}_{out}}{\dot{E}_{in}} = \frac{\dot{E}_{in} - \dot{E}_{dissip}}{\dot{E}_{in}}$$

در اینجا مقدار فرسایش (که نام آن اثر سرد شدن شده) بزرگ است و باید حذف شود

$$\dot{Q}_{dissip} = \dot{E}_{dissip} \quad ; \quad \dot{E}_{in} = \dot{W}_{in,elec}$$

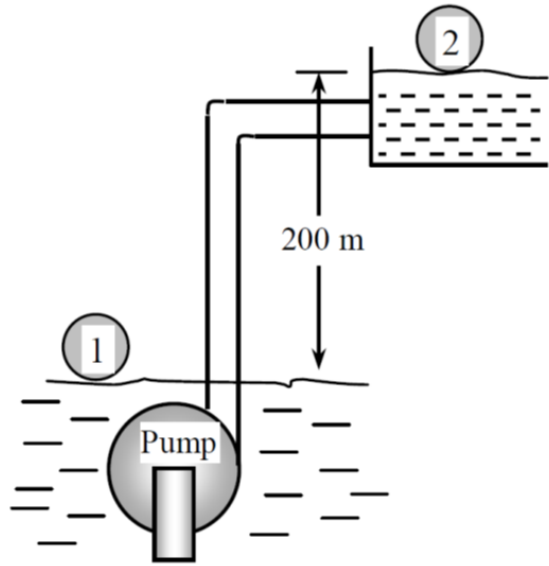
$$\Rightarrow \eta_{motor} = 1 - \frac{\dot{Q}_{dissip}}{\dot{W}_{in,elec}} \Rightarrow \dot{Q}_{dissip} = (1 - \eta_{motor}) \dot{W}_{in,elec}$$

$$= (1 - 0.88) 20 = 2.4 \text{ kW} \gg \dot{Q}_{Heate}$$

۱

مثال

یک پمپ زمین‌گرمایی برای پمپ کردن یک مخلوط آب و چغندر با چگالی 1050 kg/m^3 به ارتفاع ۱۰ متر به ظرفی $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ از عمق 200 m نیاز دارد. چگالنده شده است. برای بازده پمپ برابر ۰.۷۴ کردن لازم برای این کار را حساب کنید. تلفات اصطکاکی در لوله را چشم‌پوش کنید. فرض کنید که آب زمین‌گرمایی در عمق 200 m در معرض فشار محو قرار دارد.



حل :

خرفه‌یات : ۱- پاپ لعبرت پایا مار کند ۲۰- تنفات
اصطلاحی دهن در د عفت نظر شور ۳- تغییرات انرژی
جینی در دو سطح شیخ پوشی شور ۴- آب زمینی زیر در محو در عرض
جوب قرار دارد

خادم: حیوان آب زمینی زیر kg/m^3 $\rho = 10$ است.

ماژول لول را بر سده مازیس

3/

$$\Delta KE = 0$$

$$\Delta \dot{E}_{\text{mech}} = \dot{m} \Delta P_e = \dot{m} g \Delta z$$

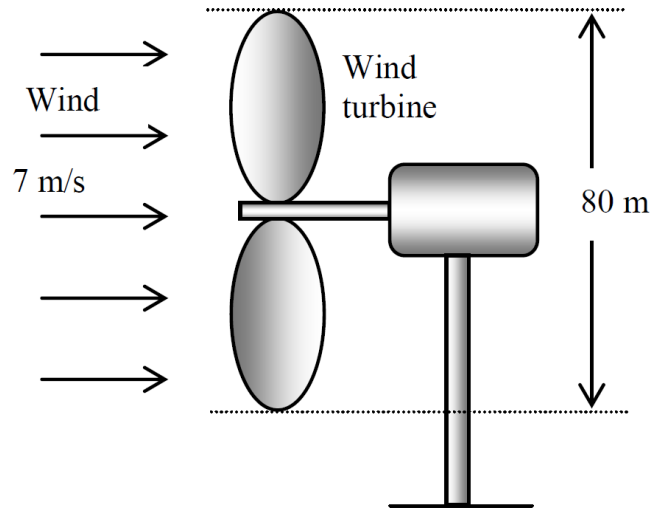
$$\dot{m} = \rho \dot{V}$$

$$\Rightarrow \Delta \dot{E}_{\text{mech}} = \rho \dot{V} g (200 - 0) = 1050 \times 0.3 \times 9.81 \times 200$$

$$\Delta \dot{E}_{\text{mech}} = 618.0 \text{ kW}$$

کانونه سبب:

$$W_{\text{pump, elec}} = \frac{\Delta \dot{E}_{\text{mech}}}{\eta_{\text{pump-motor}}} = \frac{618}{0.74} = 835 \text{ kW}$$



۱/ مثال
 در یک محل خاص باد با سرعت 7 m/s به سرعت پایداری وزر. انرژی را می‌توان
 هوا بر واحد حجم و همچنین پتانسیل کینماتیک در یک توربین باد با قطر 80 m
 در آن محل مقدر است؟
 همچنین ضریب بهره کلی در هر ثانیه توان واقعی کسب شده
 مقدر خواهد شد. چگالی هوا 1.25 kg/m^3 بر مبنای فرضیات

۲

حل: فرضیات: ایده‌آ و بدون اصطکاک و وزن.
۱- پائره قدرتی مستقر از سرعت پدراست.

گفت: در این مسئله فقط انرژی جنبشی پائره را می‌توان تبدیل به انرژی الکتریکی کرد.

$$e_{mech} = k_e = \frac{1}{2} V^2 = \frac{1}{2} \times \frac{7^2}{1000} = 0.0245 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

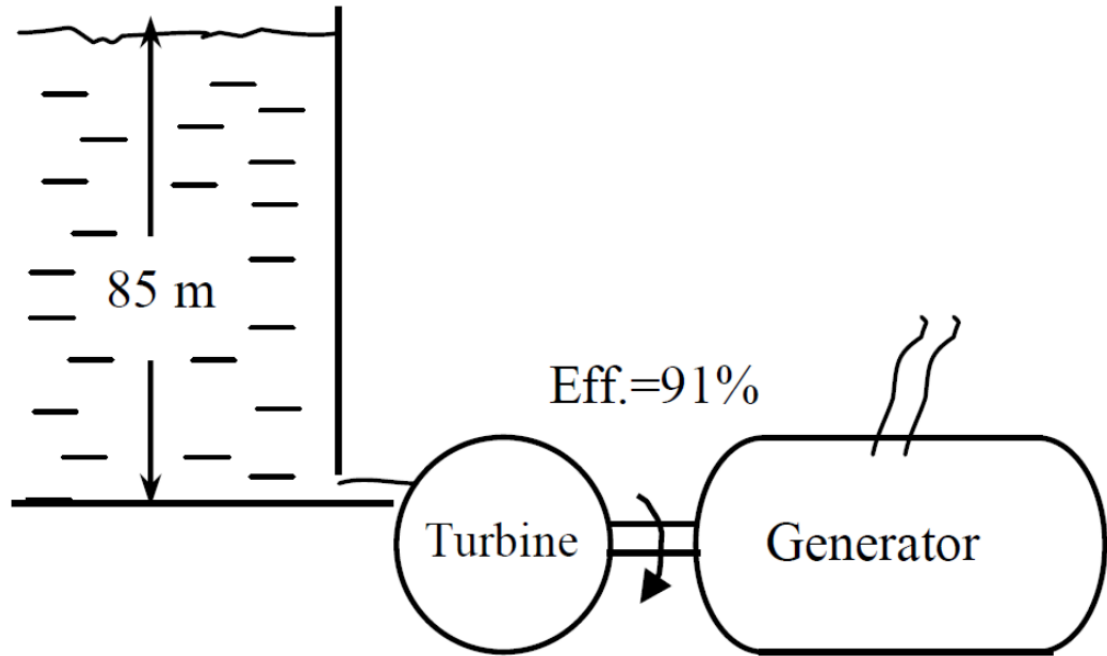
$$\dot{m} = \rho V A = \rho V \frac{\pi D^2}{4} = 1.25 \times 7 \times \frac{\pi}{4} (80)^2 = 43982 \text{ Kg/s}$$

$$\dot{W}_{max} = \dot{E}_{mech} = \dot{m} e_{mech} = 43982 \times 0.0245$$

$$\dot{W}_{elec} = \eta_{wind tur} \times \dot{W}_{max} = 0.3 \times 1078 = 323 \text{ kW} = 1078 \text{ kW}$$

مثال
 یک تپه‌ن آبی با اختلاف ارتفاع 85^m قادر است $0.25 \frac{m^3}{s}$ بارش $0.25 \frac{m^3}{s}$
 و پائین کتی تپه‌ن - ژنراتور ۹۱ درصد در دسترس است. کاران دیگر یکی
 خروجی انرژی تپه‌ن فقیه است ۳

حل:



حل: فرضیات: ۱- جریان پایدار - ارتفاع مخزن ثابت بماند

$$\dot{W}_{turb} = \dot{m}_{turb} \cdot \Delta E_{mech} = \dot{m}_{turb} \cdot m g h_{turb} = \dot{m}_{turb} \cdot \rho V g h_{turb}$$

$$= 0.91 \times 1000 \times 0.25 \times 9.81 \times 85 = 190 \text{ kW}$$

× ×