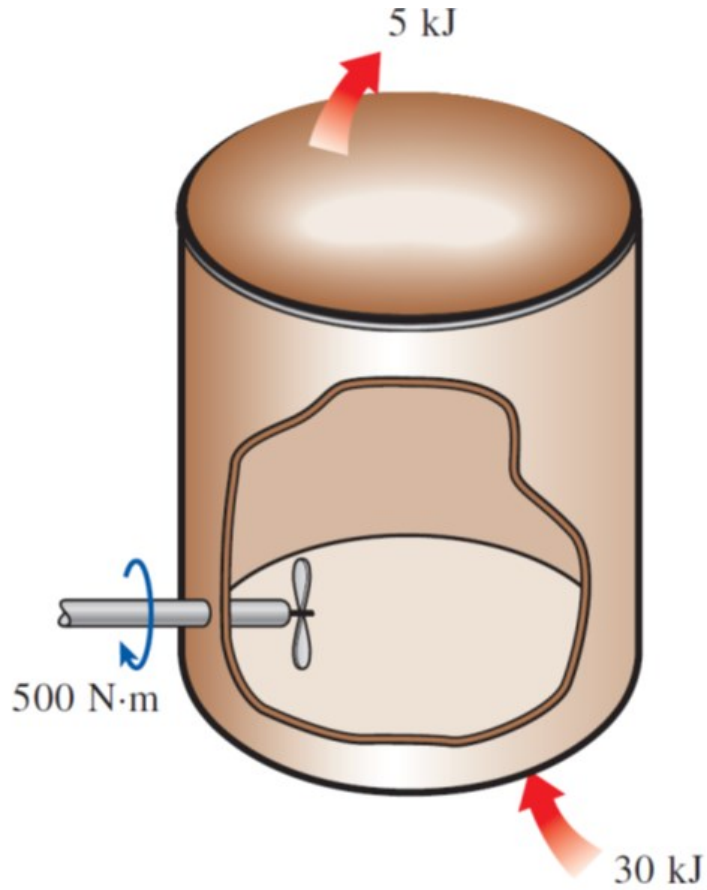


حل چند مسئله از قانون اول ترمودینامیک



شکل
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:

$$\Delta K_e = 0$$

$$\Delta P_e = 0$$

فرضیات: مخزن ساکن است بنابراین

آب را در مخزن را به وسیله فیلتر می کشیم. بنابراین سطح سطح آب
کاملاً در اول را برابر سطح (حجم) میار (توسیع)

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

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

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

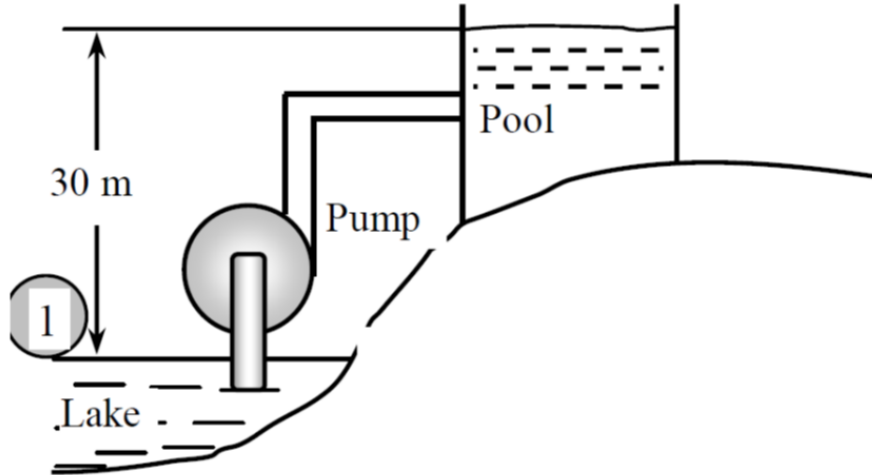
$$30 \text{ kJ} + \frac{500}{1000} - 5 = U_2 - 10 \Rightarrow U_2 = 35.5 \text{ kJ}$$

۱

مثال

اوردا شده است که یک نوع پمپ برای انتقال آب از یک ~~مکان~~ ^{مکان} به
 یک استخر 30^m بالاتر از سطح ~~مکان~~ ^{مکان} است 2 kW توان معروف
 شده در حال که آب فرجه از پمپ دارای 5 L/s است؟
 آیا این اوردا درست است؟

2



حل:

فرضیات: ۱- فرایند پایا است؛ ۲- هم ΔH_{sys} و هم ΔK_{sys} صفر هستند

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

کنترل: قانون لاول ترمودینامیک را بر این سیستم خوانند پایا و در سیستم

$$E_{in} - E_{out} = \frac{dE_{sys}}{dt} = 0 \Rightarrow E_{in} = E_{out}$$

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

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

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

21

← $\dot{V}_{\text{flow}}$

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

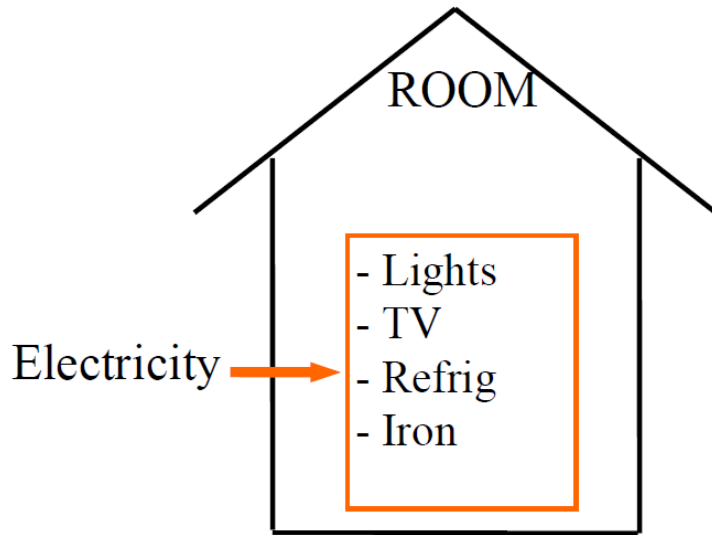
$\dot{m} = 50 \text{ kg/s}$

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

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

مخالفت 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 گرما به بیرون منتقل نکند. آنگاه افزایش انرژی محتویات اتاق نسبت به (۱) دستگاهی روشن باشد را حساب کنید:



۲

حل: خرفیات : اتاق کا عدد حالتی نہیں ہے بلکہ اتنا گرمی کا
 ذخیرہ ہے، ۲- تمام اجزاء روشنی سے

تخلیل: : اتاق کا سطح گرمی و توان لے کر رہے

گرمی کا ذخیرہ

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

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

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

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

$$= 1650 \text{ W}$$

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

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

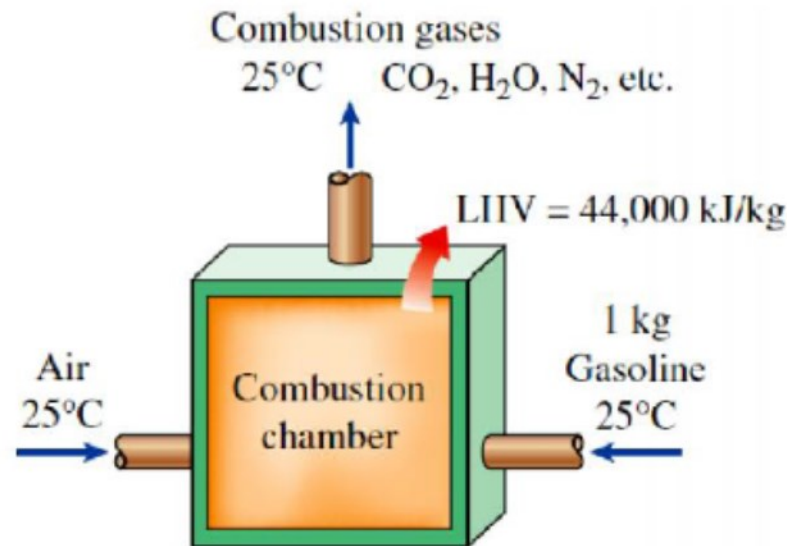
• تعریف (ادامه)

• 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:

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

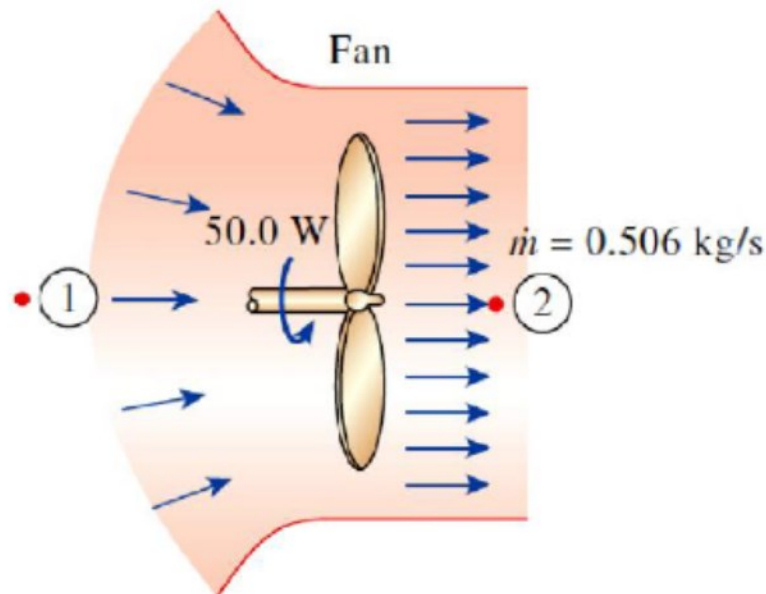
۶- بازده تبدیل انرژی

• 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:

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

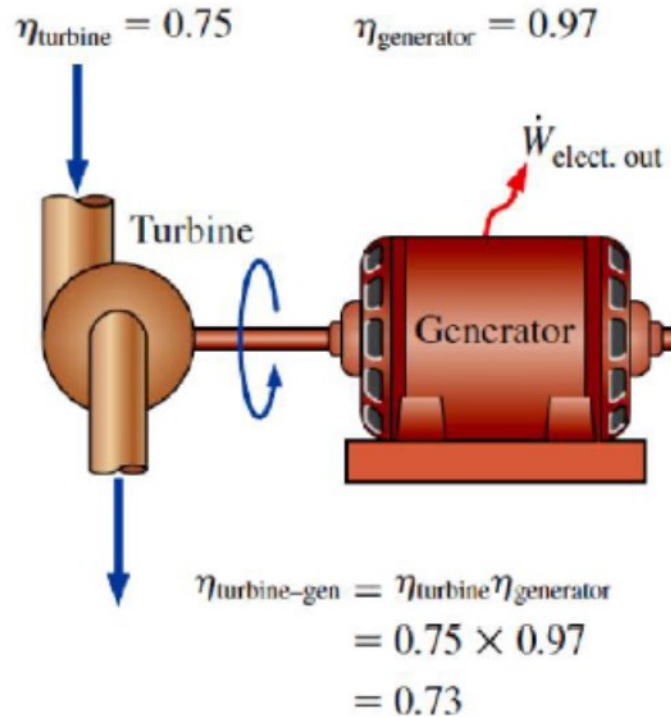
۶- بازده تبدیل انرژی

• بازدهی تجهیزات مکانیکی و الکتریکی (ادامه)

• و برای ترکیب ژنراتور و توربین:

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

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



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

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

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

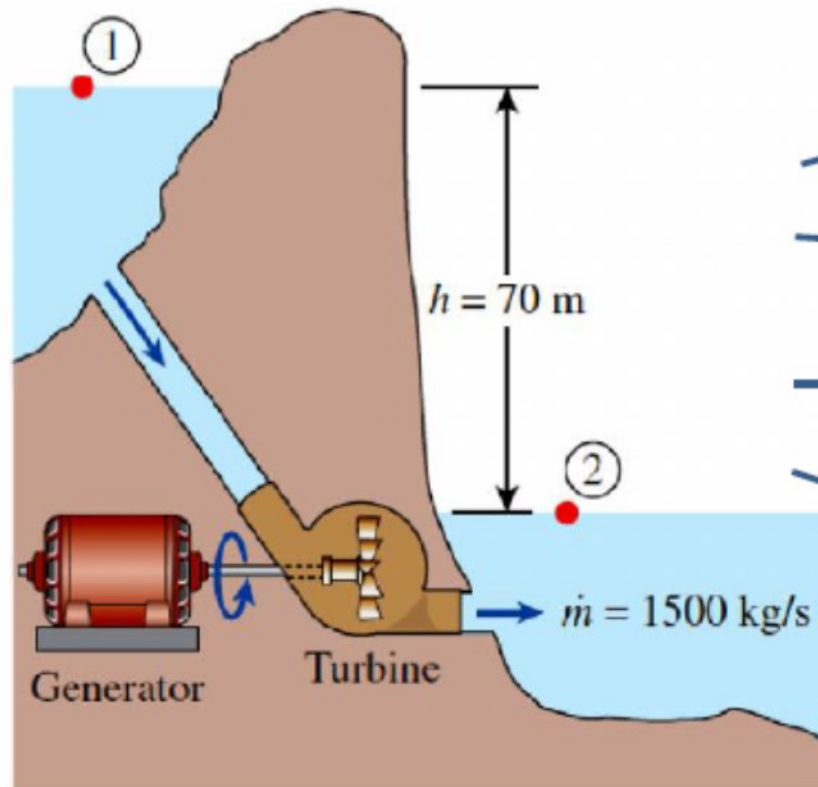
$$= \frac{\dot{W}_{\text{elect, out}}}{\dot{W}_{\text{turbine, e}}} = \frac{\dot{W}_{\text{elect, out}}}{|\Delta \dot{E}_{\text{mech, fluid}}|}$$

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 صرف نظر 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 گری 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) باید حذف شود

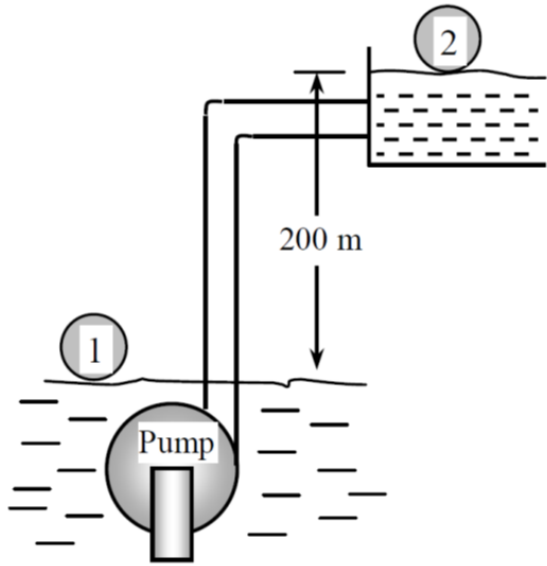
$$\dot{Q}_{dissip} = \dot{E}_{dissip} \quad ; \quad \dot{E}_{in} = \dot{W}_{in,elec}$$

$$\Rightarrow \eta_{motor} = 1 - \frac{\dot{Q}_{dissip}}{\dot{W}_{in,elec}} \Rightarrow \dot{Q}_{dissip} = (1 - \eta_{motor}) \dot{W}_{in,elec}$$
$$= (1 - 0.88) 20 = 2.4 \text{ kW} \gg \dot{Q}_{Heate}$$

۱

مثال

یک پمپ زمین‌گرمایی برای پمپ کردن یک مخلوط آب و چگال 1050 kg/m^3 به یک مخزن
 $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ از عمق 200 m به یک مخزن 200 m بالاتر است. برای بازده پمپ برابر 0.74
 توان 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 هوای 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 لوشی 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/

$$\Delta KE = 0$$

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

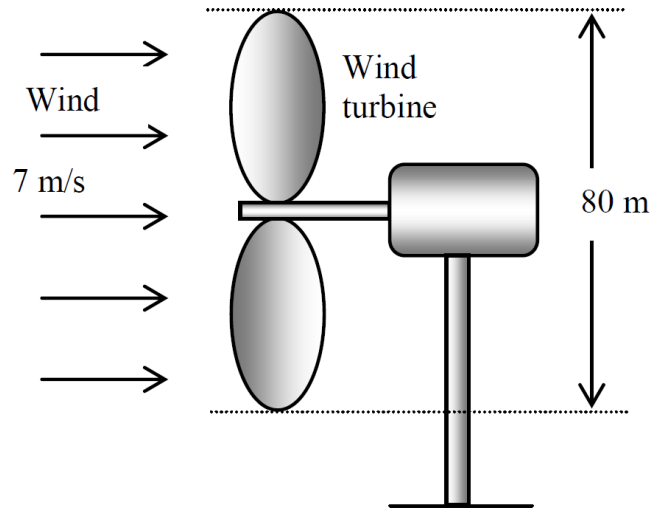
$$\dot{m} = \rho \dot{V}$$

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

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

کانونه سٺيز:

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



۱/ مثال
 در یک محل خاص باد با سرعت 7 m/s به صورت پایداری وزر. انرژی را می‌توان
 هوا بر واحد حجم و همچنین پتانسیل کینتیک در هر ثانیه یک توربین باد به قدری 80 m
 در این محل مقدار است؟
 همچنین ضریب بهره کلی در هر ثانیه توان واقعی که می‌تواند
 به قدر خواهد شد. چگالی هوا 1.25 kg/m^3 در هر ثانیه

۲

حل: فرضیات: ایده‌آ و بدون تلفات مکانیکی و برقی.
۱- پاور تعیین شده است و ثابت است.

گزینه: در این مسئله فقط انرژی جنبشی پاور کینتیک تبدیل می‌شود.

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

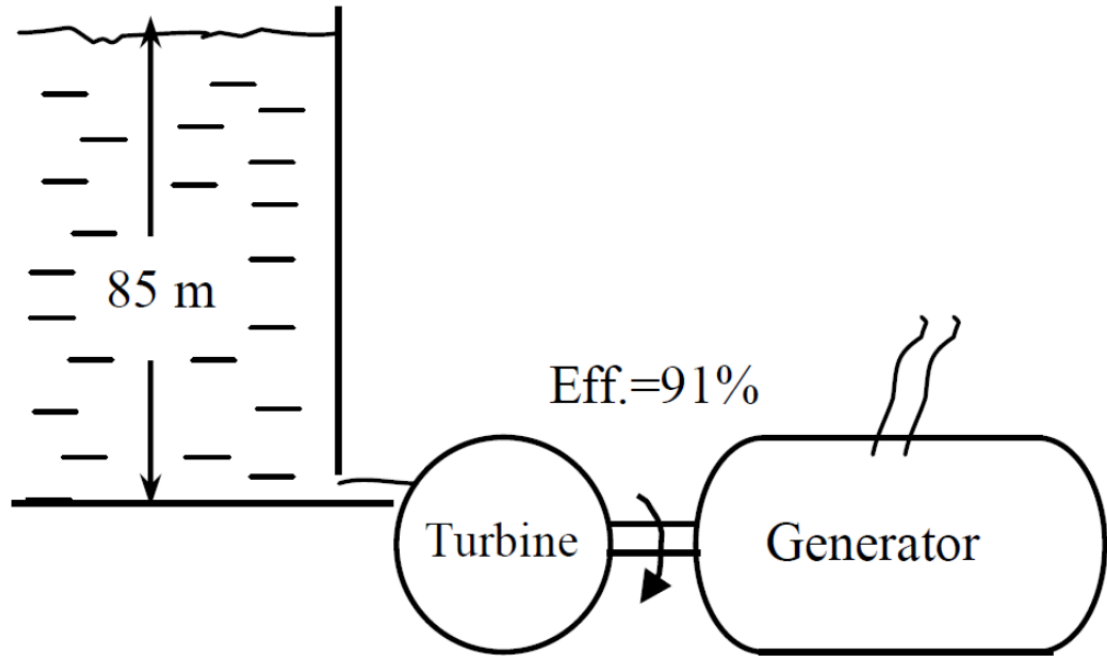
$$\dot{m} = \rho VA = \rho V \frac{\pi D^2}{4} = 1.25 \times 7 \times \frac{\pi}{4} (80)^2 = 43982 \frac{Kg}{s}$$

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

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

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 کالی تپه‌ن - ژنراتور ۹۱ درصد در دسترس است. کاران دیگر یکی
 خروجی انرژی تپه‌ن فیلد است ۳

حل:



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

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

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

× ×