شب تار است وره وادی ایمن در پیش
آتش طور کجا موعد دیدار کجاست
آن کس است اهل بشارت که اشارت داند
نکته‌ها هست بسی محرم اسرار کجاست

فصل اول: مقدمه و مفاهیم پایه

Introduction and Basic Concepts

اکبر اقبالی

WWW.AEGHBALI.BLOG.IR
EGHBALI.D@GMAIL.COM

1393

Nomenclature

A	area (m^2)
C_P	specific heat at c. P. (kJ/(kg·K))
C_V	specific heat at c. v. (kJ/(kg·K))
COP	coefficient of performance
d	exact differential
E	stored energy (kJ)
e	stored e. / unit mass (kJ/kg)
F	force (N)
g	acceleration of gravity
H	enthalpy (H= U + PV) (kJ)
h	specific enthalpy (kJ/kg)
K	Kelvin degrees
k	specific heat ratio, CP/CV
kt	thermal conductivity (W/(m-□C))
M	molecular weight or molar mass (kg/kmol)
m	mass (kg)
N	moles (kmol)
n	polytropic exponent
η	isentropic efficiency
η_{th}	thermal efficiency
P	pressure (kPa, MPa, psia, psig)
Pa	Pascal (N/m^2)
Q_{net}	net heat transfer (kJ)
q_{net}	Q_{net} /m, (kJ/kg)
R	particular gas constant (kJ/(kg·K))
R_u	universal gas const. kJ/(kmol·K)
S	entropy (kJ/K)
s	specific entropy (kJ/(kg·K))
T	temperature (℃, K, ℉, R)
U	internal energy (kJ)
u	specific internal energy (kJ/(kg ·K))
V	volume (m^3)
	velocity (m/s)
v	specific volume (m^3/kg)
	molar specific volume (m^3/kmol)
X	distance (m)
X	exergy (kJ)
x	quality
Z	elevation (m)
W_{net}	net work done
w_{net}	W_{net} /m, (kJ/kg)
W_t	weight (N)
δ	inexact differential
ε	regenerator effectiveness
ϕ	relative humidity
ρ	density (kg/m^3)
ω	humidity ratio

مقدمه

انواع سیستم

حالت و تعادل

فرآیندها

حالت مبنا

سیکل

فشار

دما

Subscripts, superscripts

- *A* actual
- *B* boundary
- *F* saturated liquid state
- *G* saturated vapor state
- *fg* saturated vapor value minus saturated liquid value
- *gen* generation
- *H* high temperature
- *HP* heat pump
- *L* low temperature
- *net* net heat added to system or net work done by system
- *other* work done by shaft and electrical means
- *P* constant pressure
- *REF* refrigerator
- *rev* reversible
- *s* isentropic or constant entropy or reversible, adiabatic
- *sat* saturation value
- *v* constant volume
- *1* initial state
- *2* finial state
- *i* inlet state
- *e* exit state
- *.* per unit time

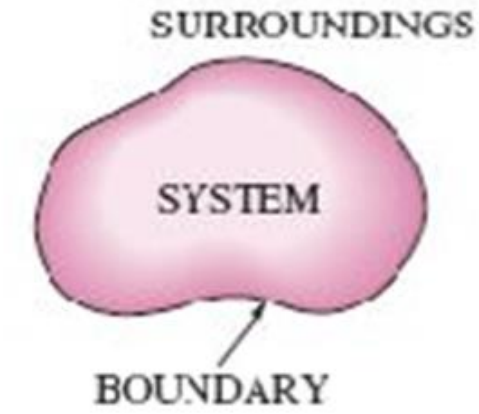
مقدمه

- ترمودینامیک بررسی راههای ذخیره انرژی در یک ماده و چگونگی تبدیل آن بصورت های حرارت و کار است.
- قانون بقای انرژی: مقدار کل انرژی ثابت است و لذا انرژی نه از بین می رود و نه تولید می شود، بلکه از یک فرم به فرم دیگر تغییر می یابد.
- دیدگاه ماکروسکوپی است: رفتار ذرات مورد توجه نیست.
- هدف یافتن راهی ساده و مستقیم برای مسائل مهندسی است.
- ترمودینامیک آماری: رویکردی پیچیده تر با تمرکز بر روی رفتار متوسط مجموعه ای از ذرات.
- بررسی از دیدگاه میکروسکوپیک در ترمودینامیک منجر به قانون دوم ترمودینامیک خواهد شد.
- ترمودینامیک علم انرژی و آنتروپی است.
- فقط شرایط تعادل را بررسی می کند (ابتدا و انتهای فرآیند).
- بحثی از سرعت انتقال جرم و حرارت در فازهای مختلف نمی شود.
- فقط به بررسی تغییرات انرژی می پردازد.

مقدمه
انواع سیستم
حالت و تعادل
فرآیندها
حالت مبنا
سیکل
فشار
دما

مقدمه

- قوانین چهار گانه ترمودینامیک:
  - قانون صفرم: تعادل دمایی
  - قانون اول: بقای انرژی
  - قانون دوم: جهت جریان و آنتروپی
  - قانون سوم: صفر مطلق

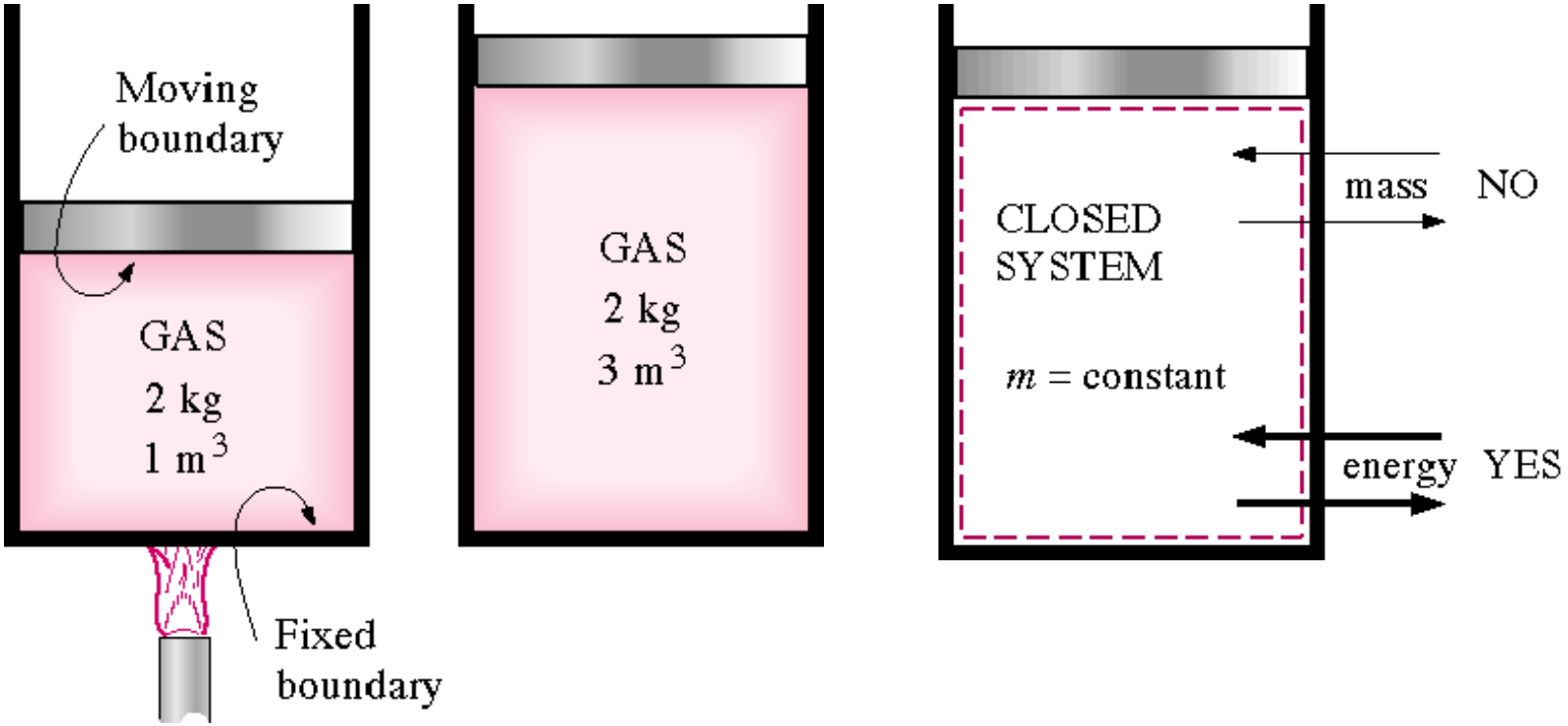


- سیستم: مقدار ماده یا حجم فضا که برای مطالعه انتخاب می شود.
- محیط: هر ناحیه ای که از سیستم جدا باشد.
- مرز سیستم: جدا کننده سیستم از محیط و فاقد جرم و حجم است.
- مرزسیستم می تواند ثابت یا متحرک باشد.

مقدمه
انواع سیستم
حالت و تعادل
فرآیندها
حالت مبنا
سیکل
فشار
دما

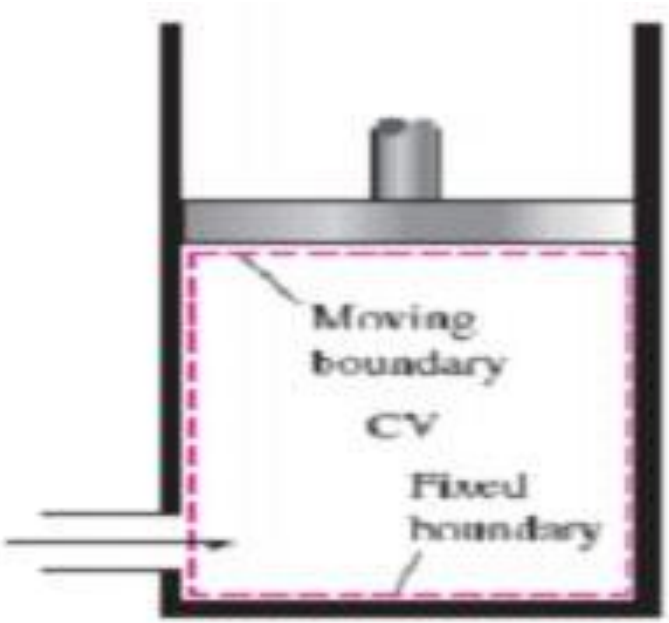
سیستم بسته

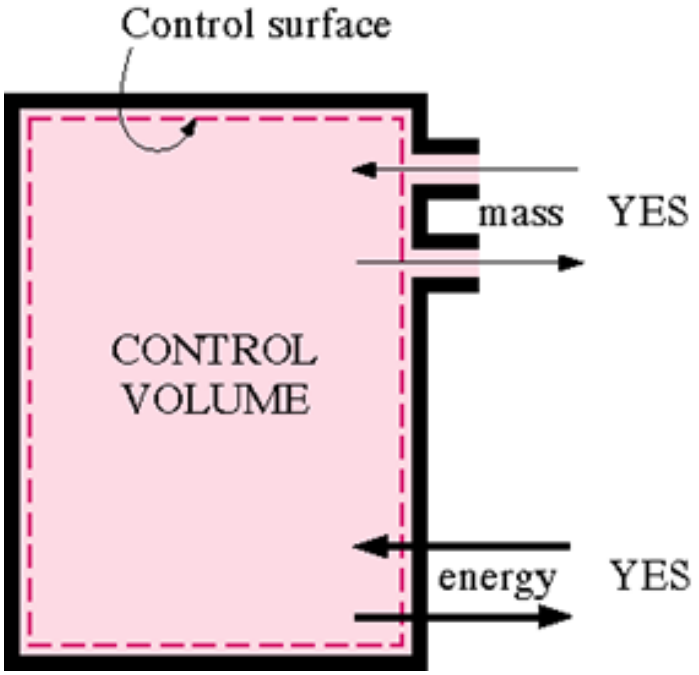
- جرم آن ثابت و انتقال جرم از مرز آن صورت نمی گیرد.
- انرژی می تواند بصورت کار و حرارت از مرز آن انتقال یابد.
- اگر انرژی از مرز سیستم بسته عبور نکند، سیستم ایزوله خواهد بود.
- حجم سیستم بسته الزاما ثابت نیست و می تواند تغییر کند.



سیستم باز

- علاوه بر انرژی، جرم نیز می تواند از مرز آن انتقال یابد.
- می تواند بیش از یک ورودی و خروجی داشته باشد.
- انرژی می تواند از طریق کار، حرارت و جرم انتقال یابد.
- روابط ترمودینامیکی برای دو سیستم باز و بسته با هم متفاوتند.





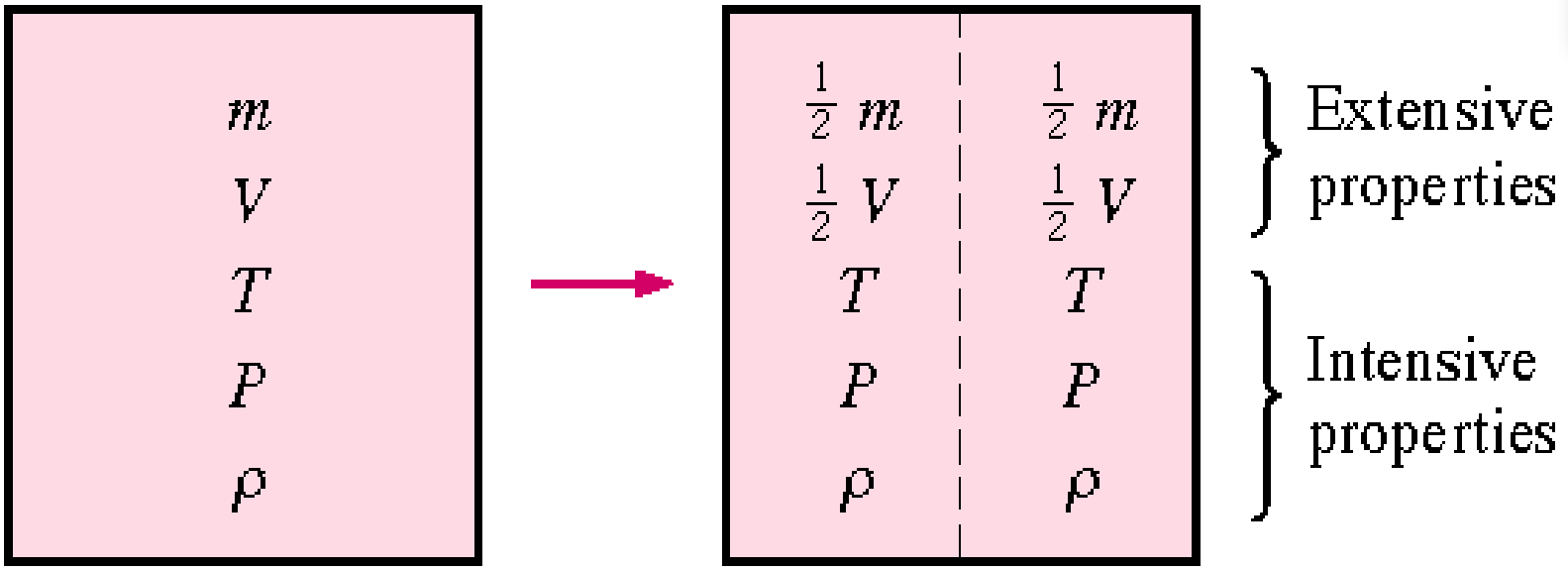
مقدمه
انواع سیستم
حالت و تعادل
فرآیندها
حالت مبنا
سیکل
فشار
دما

خواص سیستم

- به هر خاصیت سیستم در وضعیت تعادل گفته می شود.
- خصوصیات سیستم مستقل از مسیر فرآیند است.
  - *Pressure P*
  - *Temperature T*
  - *Volume V*
  - *Mass m*
- خواص می توانند به دو صورت باشند:
  - خواص شدتی: مستقل از اندازه سیستم
  - خواص مقداری: متناسب با اندازه سیستم
- برخی از خواص مقداری و شدتی عبارتند از:

Mass	*Temperature*
Volume	*Pressure*
Total energy	*Age*
Mass dependent property	*Color*
	Mass independent property

خواص سیستم



$$v = \frac{Volume}{mass} = \frac{V}{m}\left(\frac{m^3}{kg}\right)$$

$$\rho = \frac{mass}{volume} = \frac{m}{V}\left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

مقدمه
انواع سیستم
حالت و تعادل
فرآیندها
حالت مبنا
سیکل
فشار
دما

واحد ها

- از مهمترین معیارها برای اطمینان از حل مسائل.
- در ترمودینامیک بایستی از واحدها مناسب و درست استفاده کرد.

	SI	USCS	Slug
Mass	*Kilogram (kg)*	*Pound-mass (lbm)*	*Slug-mass (slug)*
Time	*Second (s)*	*Second (s)*	*Second (s)*
Length	*Meter (m)*	*Foot (ft)*	*Foot (ft)*
Force	*Newton (N)*	*Pound-force (lbf)*	*Pound-force (lbf)*

$$g_c = \frac{ma}{F} = \frac{(1lbm)(32.2\frac{ft}{s^2})}{1lbf} = 32.2\frac{lbm\ ft}{lbf\ s^2}$$

$$g_c = \frac{ma}{F} = \frac{(1kg)(1\frac{m}{s^2})}{1N} = 1\frac{kg\ m}{N\ s^2}$$

$$g_c = \frac{ma}{F} = \frac{(1slug)(1\frac{ft}{s^2})}{1\,lbf} = 1\frac{lbm\ ft}{lbf\ s^2}$$

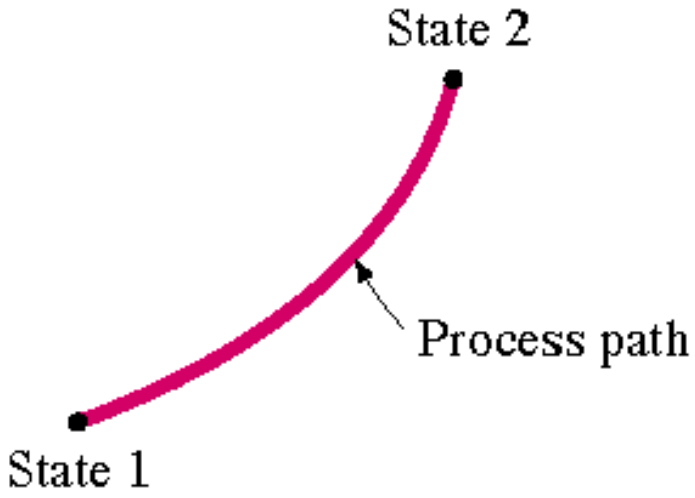
مقدمه
انواع سیستم
حالت و تعادل
فرآیندها
حالت مبنا
سیکل
فشار
دما

حالت وتعادل

- حالت سیستم: وضعیتی در سیستم که همه خواص ثابت هستند و این خواص قابل اندازه گیری یا محاسبه برای کل سیستم هستند. تغییر هر خاصیتی از سیستم، حالت سیستم را تغییر خواهد داد.
- تعادل ترمودینامیکی: برای یک سیستم زمانی تعادل ترمودینامیکی برقرار است که تعادل های زیر با هم برقرار باشند:
  - تعادل حرارتی: دمای یکنواخت در کل سیستم
  - تعادل مکانیکی: فشار یکنواخت در کل سیستم
  - تعادل فازی: جرم یکسان و یکنواخت از فازهای مختلف
  - تعادل شیمیایی: ترکیب شیمیایی یکنواخت

فرآیند ترمودینامیکی

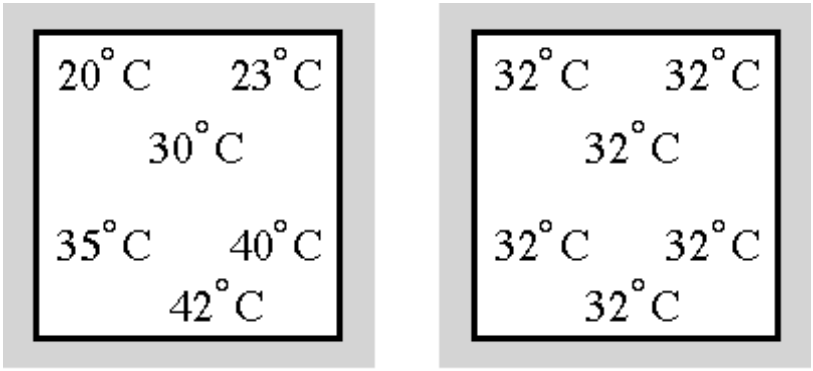
- فرآیند: تغییر وضعیت سیستم از حالتی به حالت دیگر را می گویند.
  - در فرآیند شبه تعادلی، خواص سیستم تقریبا ثابت می مانند.
  - در فرآیند شبه تعادلی امکان استفاده از معادله حالت وجود دارد.
  - در هر فرآیند ترمودینامیکی، یکی از خواص سیستم ثابت می ماند.



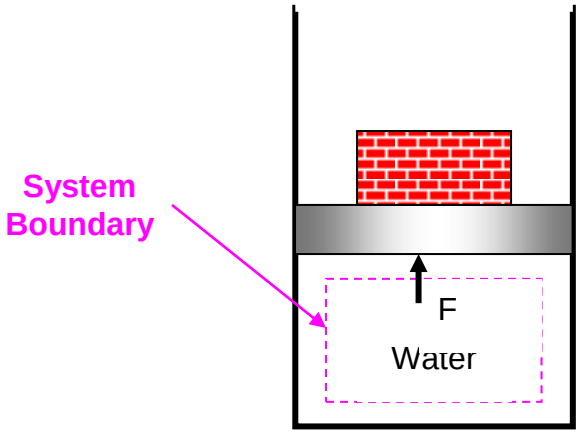
Process	*Property held constant*
isobaric	*pressure*
isothermal	*temperature*
isochoric	*volume*
isentropic	*entropy*

مقدمه
انواع سیستم
حالت و تعادل
فرآیندها
حالت مبنا
سیکل
فشار
دما

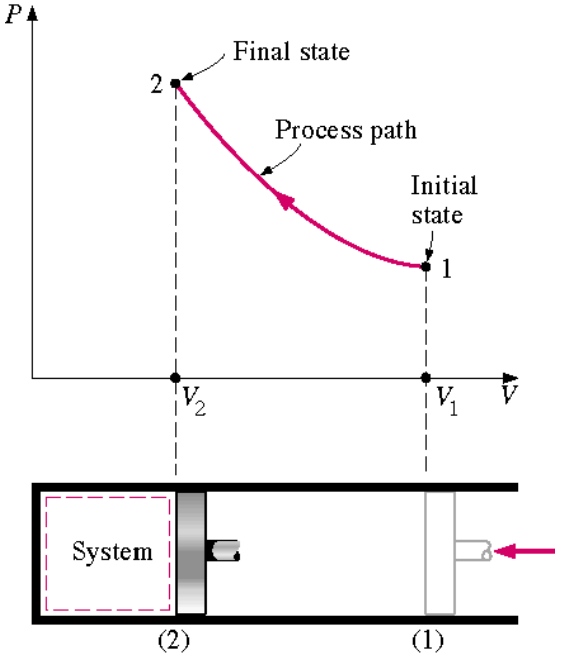
فرآیند ترمودینامیکی



(a) Before (b) After



Constant Pressure Process



مقدمه
انواع سیستم
حالت و تعادل
فرآیندها
حالت مبنا
سیکل
فشار
دما

انواع فرآیند – فرآیند جریان پایا

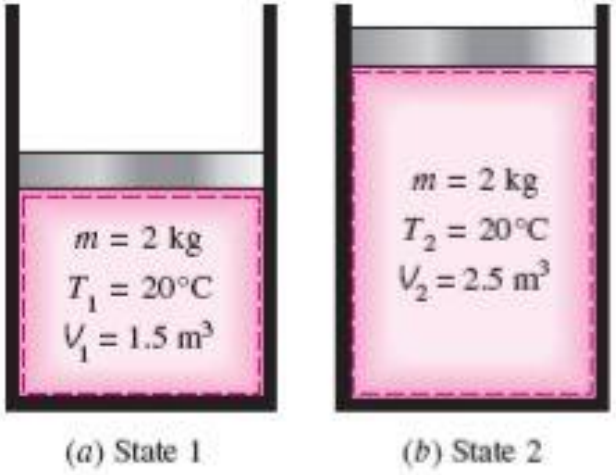
- فرآیندی در سیستم باز که جریان جرمی آن پایا و یکنواخت است.

  جریان پایا (*Steady*): نسبت به زمان بدون تغییر است.

  جریان یکنواخت (*Uniform*): نسبت به موقعیت بدون تغییر است.
- تجهیزات مهندسی که برای زمان طولانی در شرایط ثابت کار کنند.
- خواص سیال از یک نقطه تا نقطه دیگر متغیر است ولی در یک نقطه خاص، خواص سیال نسبت به زمان ثابت باقی می ماند.

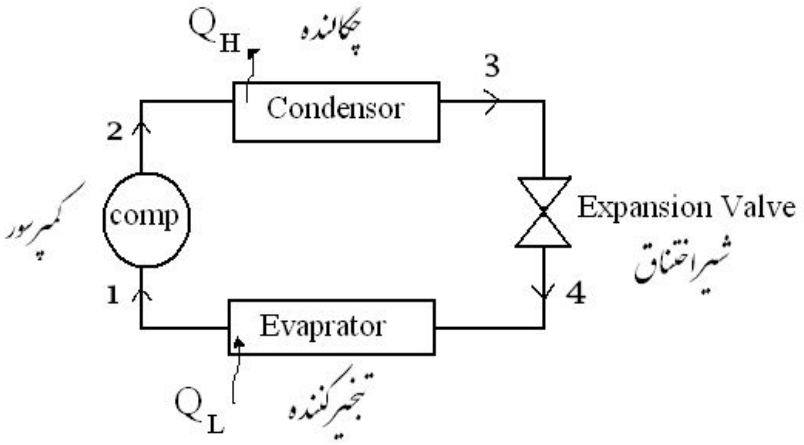
حالت مبنا

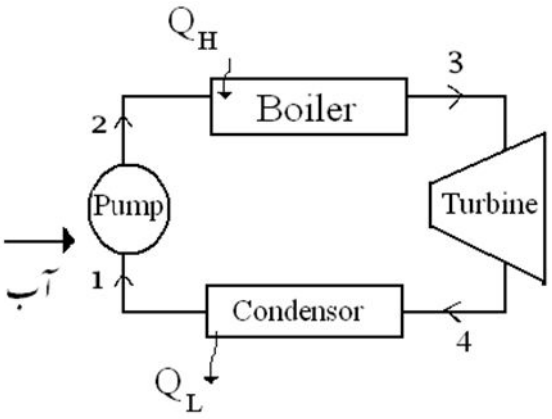
- برای تعیین مشخصات سیستم بایستی خواص سیستم مشخص باشند. تجربه نشان داده که برای تعیین حالت سیستم نیازی نیست همه خواص مشخص شوند.
- به تعداد خواصی از سیستم که برای تعیین حالت سیستم لازم هستند، حالت مبنا گفته می شود.
- برای یک سیستم تراکم پذیر ساده، دو خاصیت شدتی کافی است.



سیکل

- مجموعه ای از فرآیندهای متوالی که حالت ابتدا و انتها یکسان باشد.
  - سیکل ترمودینامیکی: سیال مجددا وارد سیکل می شود.
  - سیکل مکانیکی: سیال مجددا وارد سیکل نمی شود.
- سیکل های مربوط به یخچال و توربین بخار ترمودینامیکی هستند، و سیکل های مربوط به توربین گاز و موتورهای IC مکانیکی هستند.





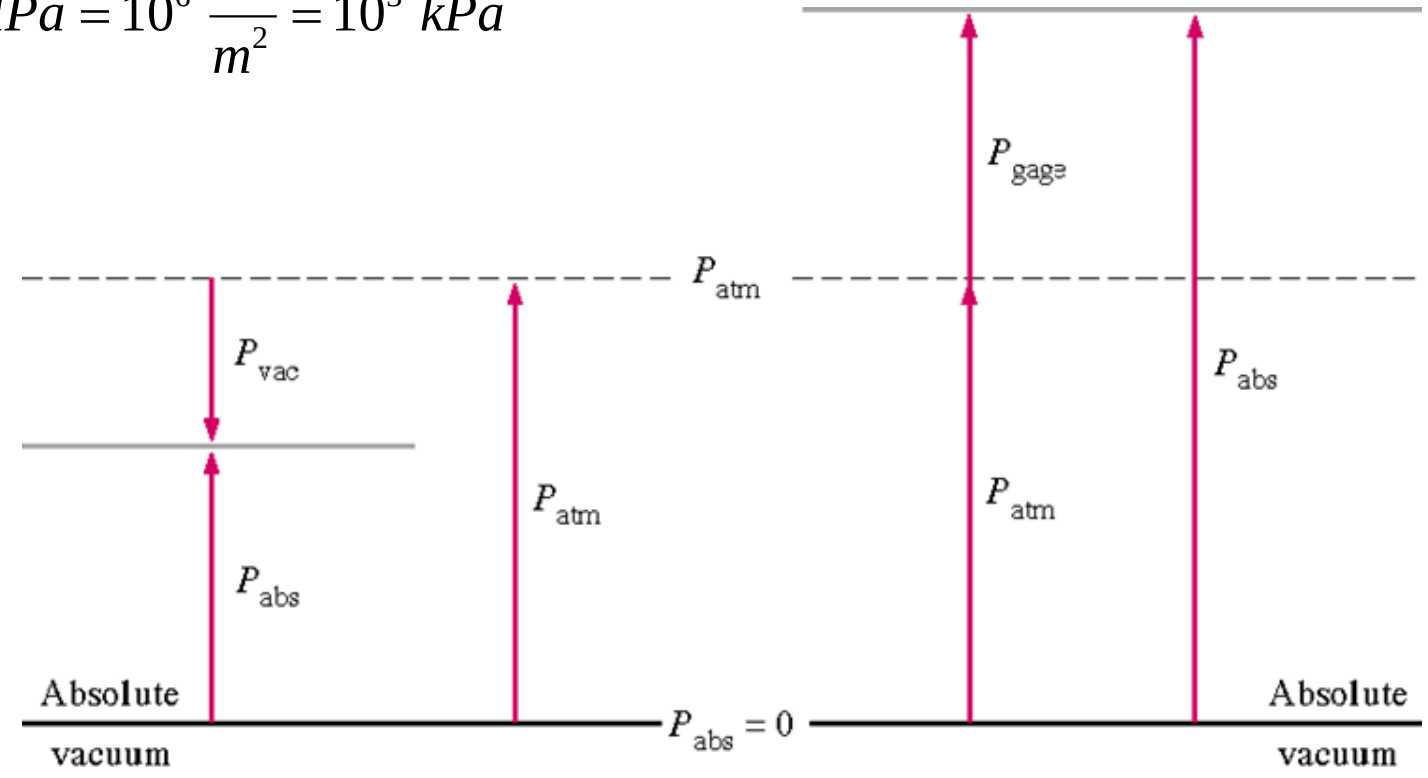
فشار

$$P = \frac{Force}{Area} = \frac{F}{A}$$

$$1\,kPa = 10^3\,\frac{N}{m^2}$$

$$1\,MPa = 10^6\,\frac{N}{m^2} = 10^3\,kPa$$

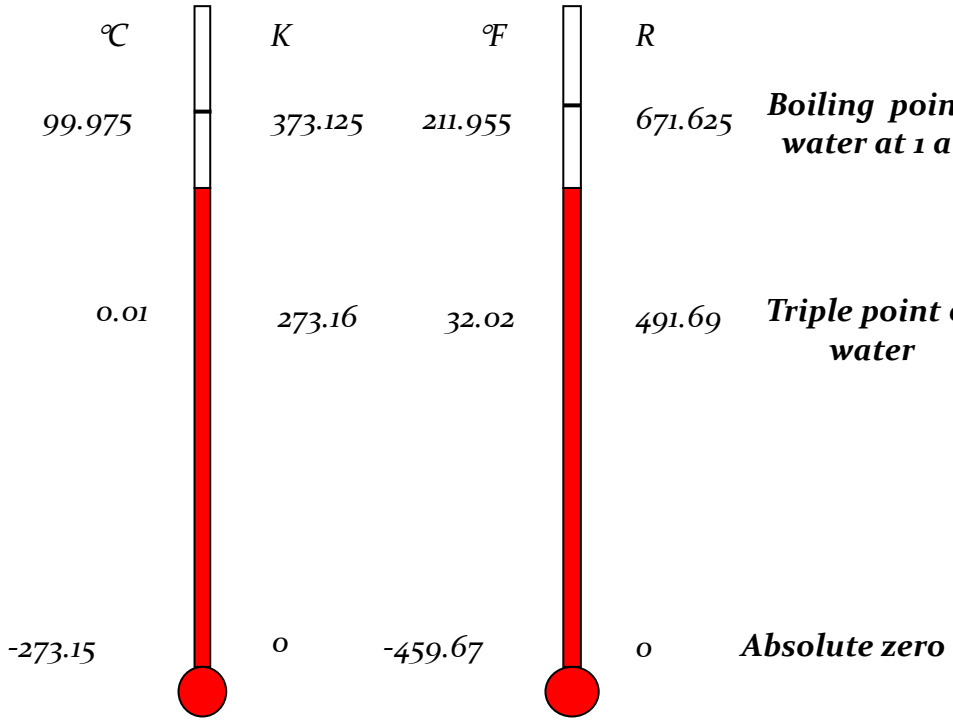
- فشار مطلق $P_{abs} = P_{atm} \pm P_{gage}$
- فشار خلأ $P_{vac} = P_{atm} - P_{abs}$
- فشار نسبی $P_{gage} = P_{abs} - P_{atm}$



دما

$$\Delta T\ K = (T_2\ ^\circ\mathrm{C} + 273.15) - (T_1\ ^\circ\mathrm{C} + 273.15)$$
$$= T_2\ ^\circ\mathrm{C} - T_1\ ^\circ\mathrm{C} = \Delta T\ ^\circ\mathrm{C}$$
$$\Delta T\ R = \Delta T\ ^\circ\mathrm{F}$$

- سلسیوس
- کلوین
- فارنهایت
- رانکین



$$T^\circ F = \frac{9}{5} T^\circ C + 32$$
$$T\ K = T\ ^\circ\mathrm{C} + 273.15$$
$$T\ R = T\ ^\circ\mathrm{F} + 459.67$$
$$T\ R = 1.8\ T\ K$$

مقدمه
انواع سیستم
حالت و تعادل
فرآیندها
حالت مبنا
سیکل
فشار
دما

ای اباذر!

جز با حق انیس مباش

و جز باطل از چیزی وحشت مکن.

امیر مؤمنان، امام علی علیه السلام