به نام خدا

سازمان آموزش وپرورش استان اصفهان

مدیریت آموزش وپرورش شهرستان کاشان

دبیرستان حاج عباس کریم

فیزیک (۱) پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه رشته ریاضی

فصل پنجم(ترمودینامیک)

تهیه کننده:محمد انصاری تبار

موضوعات این فصل :

(مخصوص رشتهٔ ریاضی)

معادله حالت،فرآیندهای ترمودینامیک

تبادل انرژی،قانون اول ترمودینامیک

فرایندهم حجم

فرایندهم فشار

فرایندهم دما وبی دررو

چرخه ترمودینامیکی

ماشین های گرمایی

بازده،قانون دوم ترمودینامیک

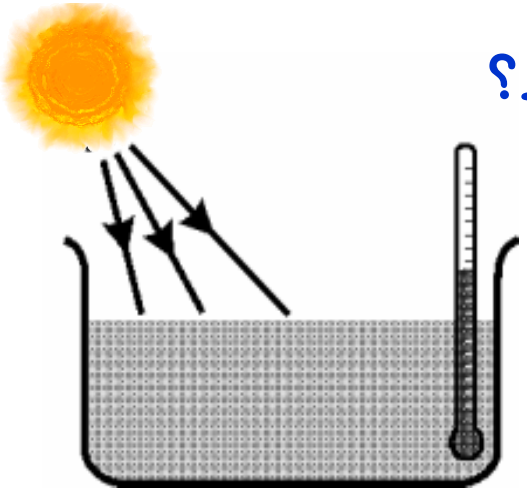
یخچال

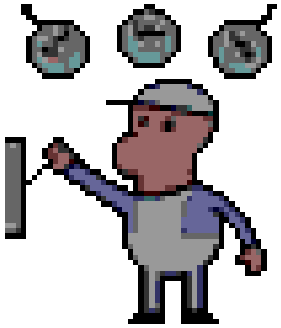
موضوع :معادله حالت،فرآیندهای ترمودینامیک

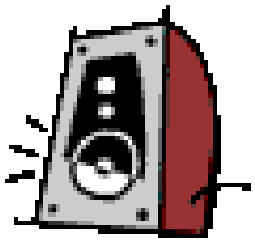
قبلی بعدی

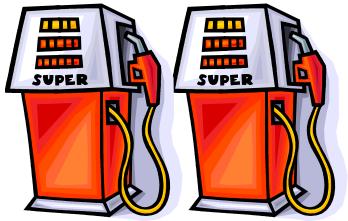
پرسش:

در شکلهای زیرچه نوع تبدیل انرژیی صورت می گیرد؟



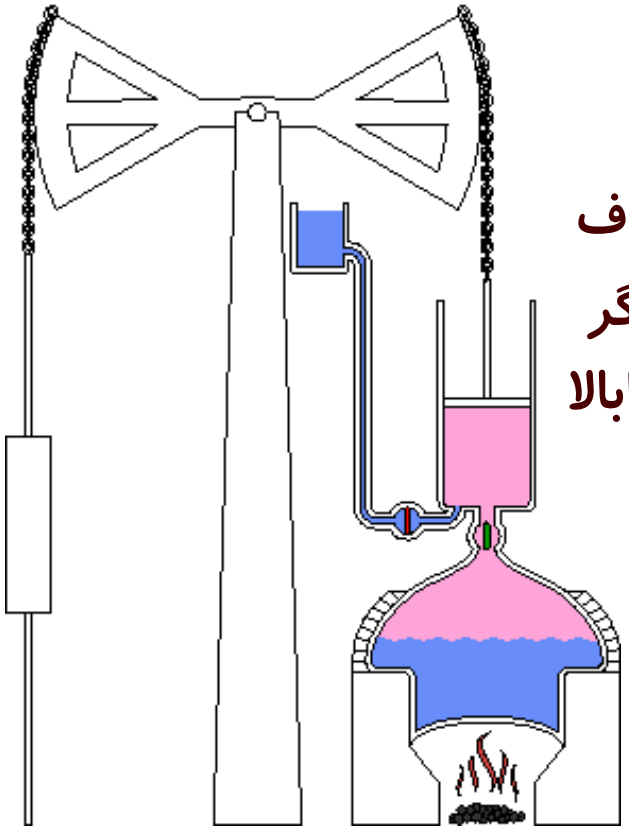






ترمودینامیک

شاخه‌ای از علم فیزیک که رابطهٔ بین گرما وکار وتبدیل گرما به کار مکانیکی را مورد مطالعه قرار می‌دهد، ترمودینامیک نام دارد.



ماشین نیوکامن

فشارهواپیستون رابه طرف پایین برده ودرطرف دیگر دسته ی تلمبه پیستون رابالا می کشد.

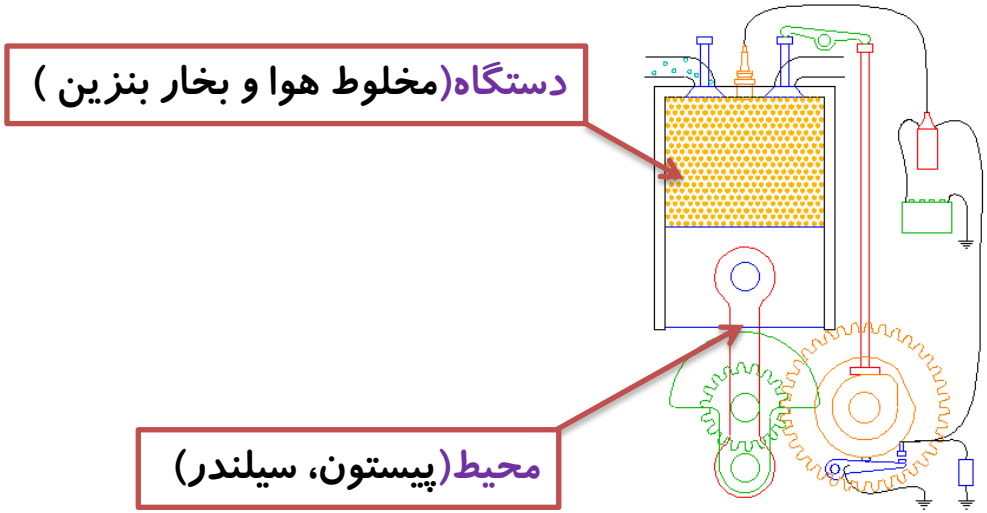
وزن پیستون دسته ی تلمبه رابه بالا کشیده وبخارآب وارد استوانه می شود

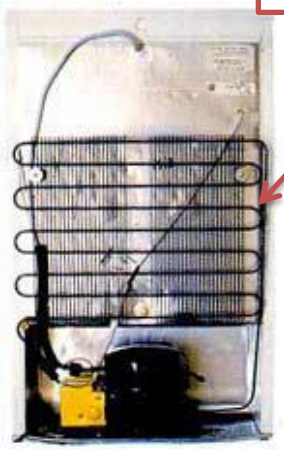
دستگاه :

ماده خاصی که معمولا به شکل گازیا مایع است وبا محیط پیرامون خودمبادله گرما وکارمی کندو در فرایندهای ترمودینامیکی شرکت می کند «دستگاه» می گوییم.

محیط :

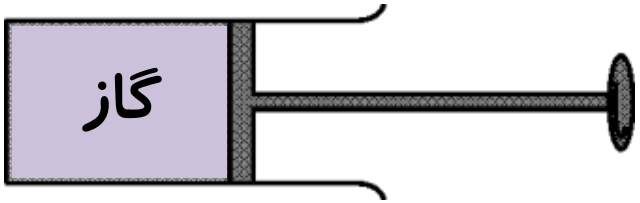
اجسام پیرامون دستگاه را که می توانند با آن تبادل انرژی داشته باشند،محیط می نامیم.





پرسش:

مطابق شکل ، دردرون یک سیلندر(استوانه)مقدار معینی گاز قرار دارد.می‌توان توسط یک پیستون گاز را متراکم یا منبسط کرد،دراین شکل دستگاه و محیط را مشخص کنید.



پاسخ

در این مثال گاز درون سیلندر،دستگاه نام دارد .پیستون، سیلندر و مکانی که سیلندر در آن واقع است محیط نامیده می‌شوند.

پرسش:

مطابق شکل ، آبی که در یک کتری برقی قرار دارد.دراین کتری دستگاه و محیط را مشخص کنید

پاسخ

آب درون کتری رامی توان **دستگاه** ترمودینامیکی درنظر گرفت در این صورت **کتری و سیم گرمکن آن**، اجزای **محیط** هستند.

انواع کمیت‌های ترمودینامیکی

کمیت‌های ماکروسکوپیک(مشاهده پذیر):

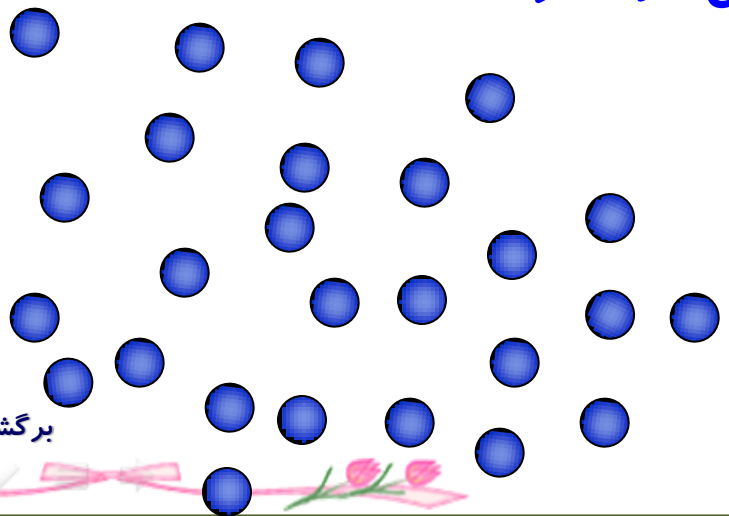
کمیت‌هایی که وضعیت ماده را در**مقیاس بزرگ** توصیف می کنندبدون آنکه درگیر جزئیات رفتار تک تک مولکول های گاز شود.

مانند: فشار، حجم ، دما ، گرما ، گرمای ویژه و ...

کمیت‌های میکروسکوپیک:

کمیت‌هایی که به جزییات **رفتارتک‌تک مولکول‌ها** مربوط می‌شوند.

مانند:سرعت،مکان،انرژی جنبشی،شتاب نیروی بین ذرات و ...



متغیرهای ترمودینامیکی :

کمیت های ماکروسکوپی مانند: فشار، دمای مطلق وحجم که حالت تعادل با آنها توصیف می شوند، متغیرهای ترمودینامیکی نامیده می شوند .

نکته:

دستگاه موقعی درحالت تعادل ترمودینامیکی است که متغیرهای ترمودینامیکی آن به طورخودبه خودی تغییر نکند.

متغیرهای ترمودینامیکی از یک‌دیگر مستقل نیستند.

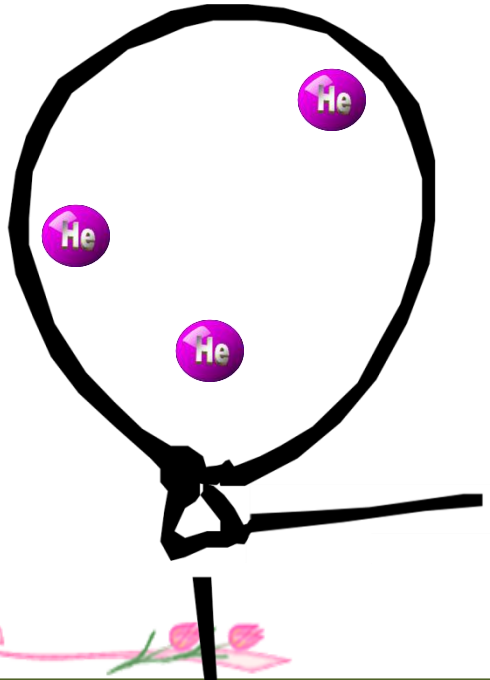
حالات دستگاه :

۱-حالت تعادل :

متغیرهای ترمودینامیکی گاز(دما ،فشار و حجم) مقدارهای ثابت ومشخصی دارند و به طور خود به خود تغییر نمی کنند.

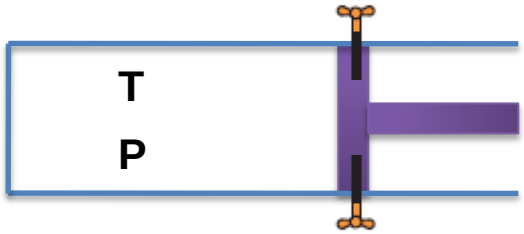
۲-حالت ناپایدار :

درتمام گاز متغیرهای ترمودینامیکی(دما،فشاروحجم)یکسان نباشدوحالت گاز ثابت و پایدار نباشد.



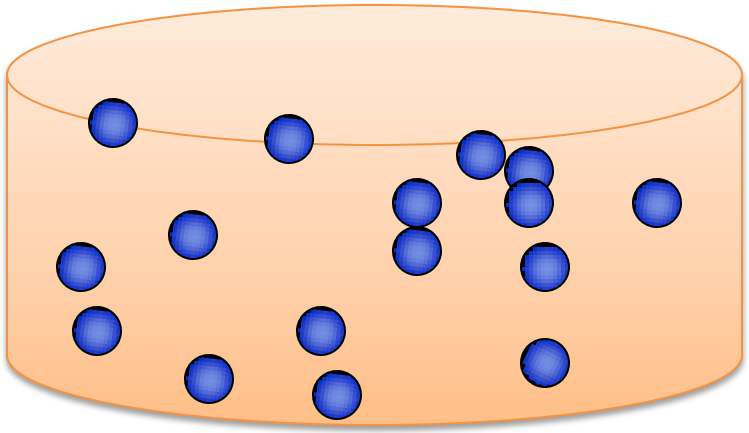
پرسش:

اگر دما و فشار در داخل گاز شکل زیر در نقاط مختلف متفاوت باشند، چه رخ می دهد؟



پاسخ

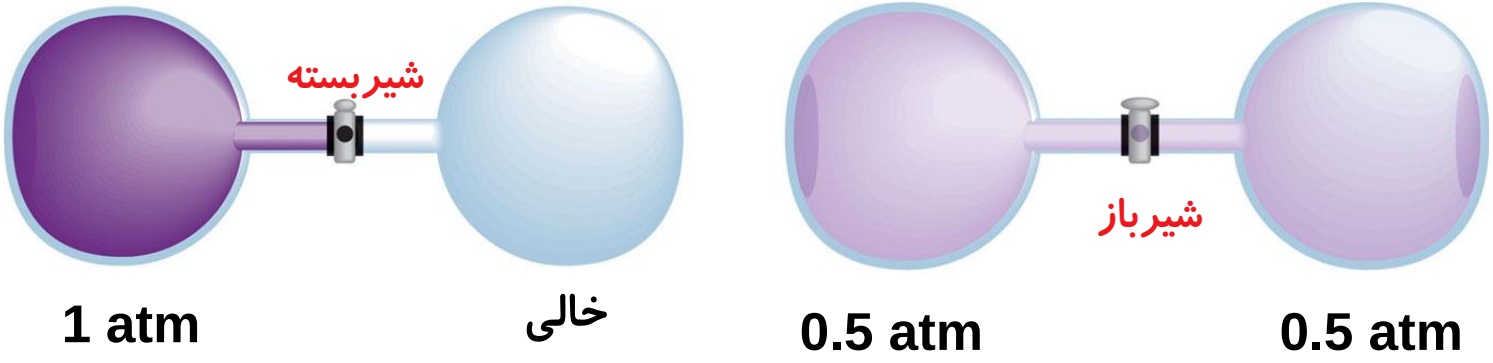
مولکول ها یا اتم ها از مکان هایی که فشار یا دما بیشتر است به جاهایی که فشاریا دما کمتر است آنقدر جابه جا می شوند تا گاز به حالت تعادل برسد .



نکته:

منظوراز توصیف حالتِ دستگاه این است که فشار،دماوحجم آن مشخص باشد

مثلاً ؛دریک سیلندرشکل زیرمقداری گازبا فشار atm ۱وحجم۰/۵L ودمای ۳۰۰k حالت دستگاه را بیان می کند

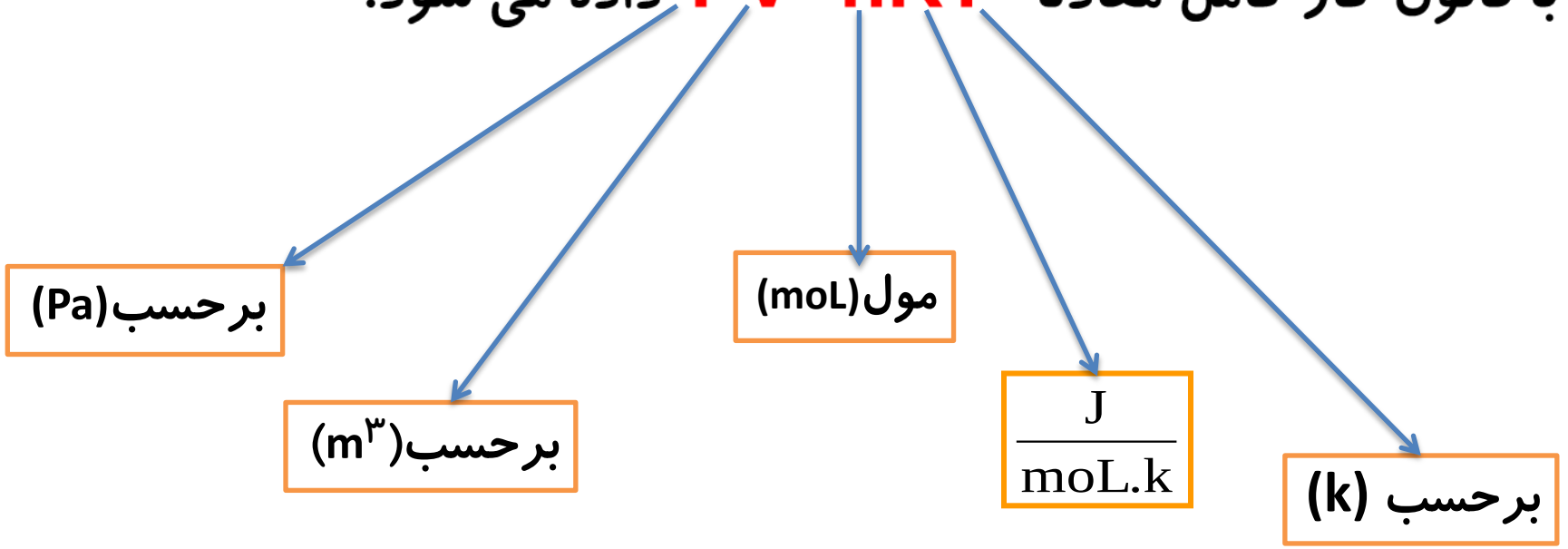


معادله‌ی حالت

رابطه‌ی بین متغیرهای ترمودینامیکی ، معادله‌ی حالت دستگاه نامیده می‌شود.
(رابطه بین سه کمیت P ، V و T)

اگر گاز آرمانی(کامل) باشد،معادلهٔ حالت آن ساده ومستقل ازنوع گاز است

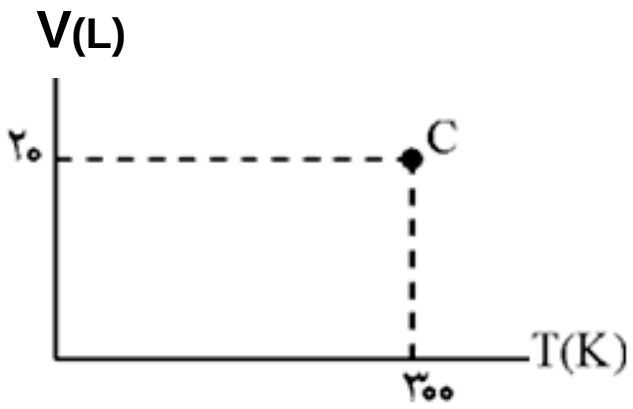
و با قانون گاز کامل معادلهٔ $PV=nRT$ داده می شود.



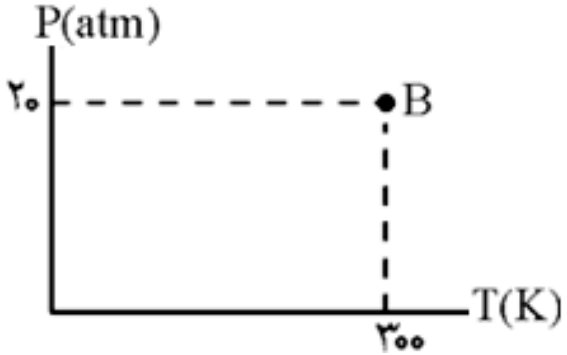
نکته :

برای نمایش حالت گاز باید از سه محور عمود برهم P ، V و T استفاده کرد، ولی حل مسأله‌ها با نمایش حالت در صفحه‌ی مختصات ساده‌تر می‌شود.

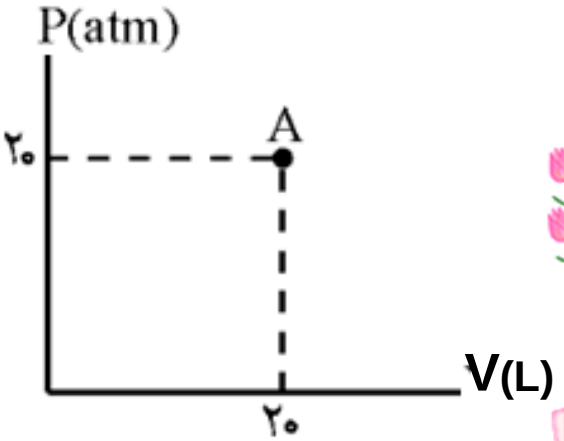
$$\begin{cases} P = ۲۰\,atm \\ V = ۲۰\,L \\ T = ۳۰۰\,k \end{cases}$$



C $\begin{cases} T = ۳۰۰\,k \\ V = ۲۰\,L \end{cases}$



B $\begin{cases} T = ۳۰۰\,k \\ P = ۲۰\,atm \end{cases}$



A $\begin{cases} V = ۲۰\,L \\ P = ۲۰\,atm \end{cases}$

پرسش:

چه موقع می گویندحالت دستگاه مشخص است؟

پاسخ

هنگامی که دو کمیت ازمعادلهٔحالت معلوم باشند،می‌گوییم که حالت دستگاه مشخص است.

نکته :

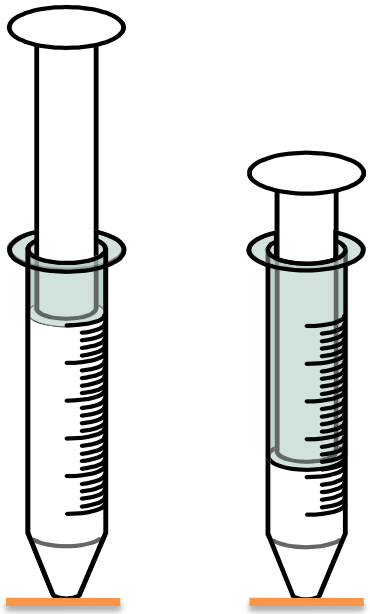
از رابطهٔ قانون گازهای کامل می توان کمیت سوم را که مجهول است پیدا کرد.

$$PV = nRT$$

فرآیندهای ترمودینامیکی

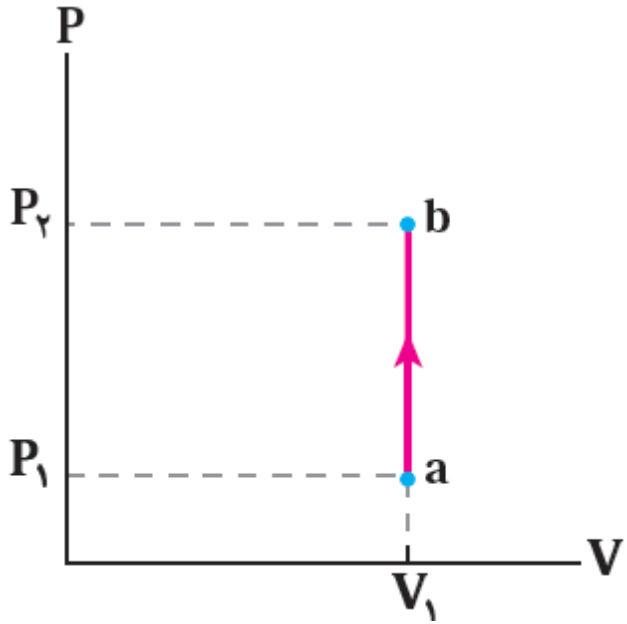
به تحول‌هایی که درآنها دستگاه ازیک حالت تعادل $(P_1 و V_1 و T_1)$ به حالت تعادل دیگر $(P_2 و V_2 و T_2)$ می رود.

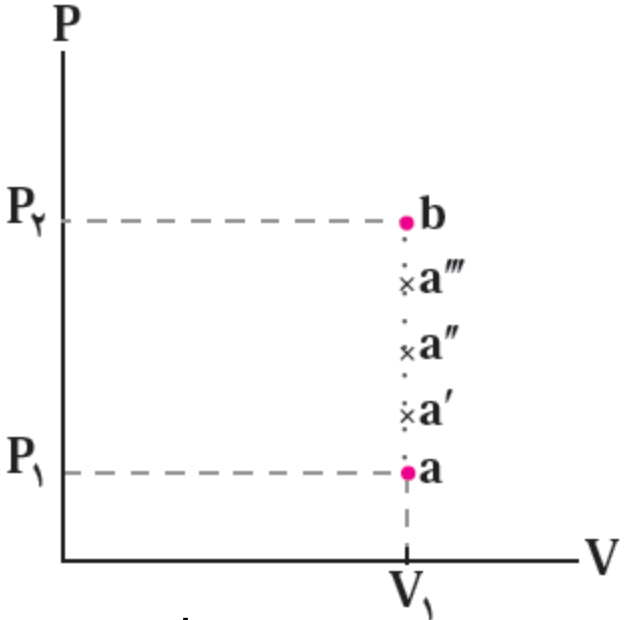
برای مثال وقتی هوای درون سرنگی را متراکم‌کنیم،می‌گوییم گازیک فرآیند ترمودینامیکی را پیموده است.



فرایند ایستاوار:

هر گاه درطول فرایند،دستگاه همواره بسیار نزدیک به حالت تعادل بوده (و گرمای داده شده به دستگاه درهرمرحله بسیارکوچک باشد)وسریع به تعادل برسد. چنین فرایندی را فرایند ایستاوار می نامند.

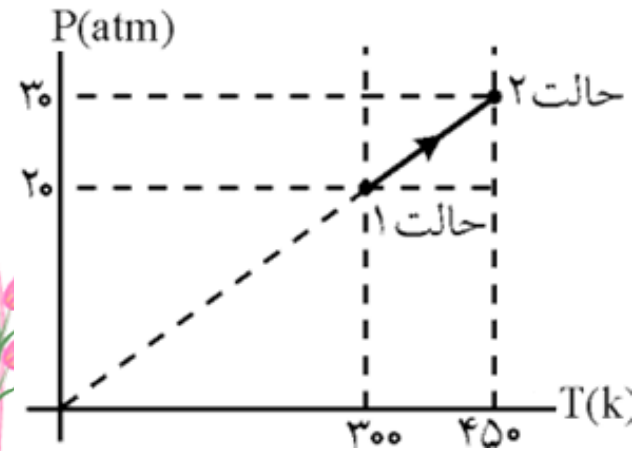


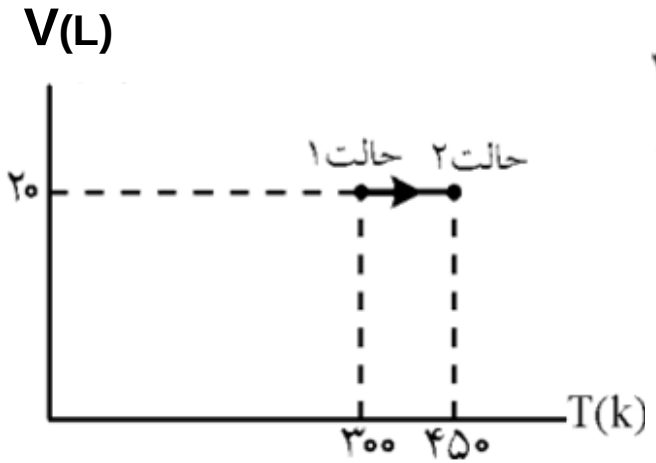


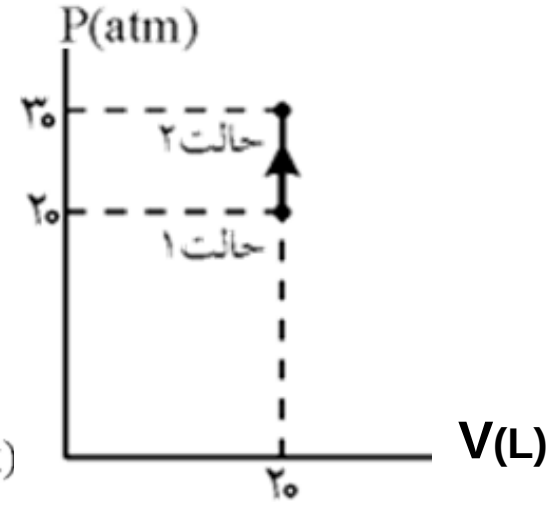
اگر حالتهای بین aو bغیرتعادلی باشند، برای این فرایند نمی توان نمودار رسم کرد.

نمودارهای مختلف فرآیندآرمانی :

درفرآیندهای ترمودینامیکی یک دستگاه،ازیک حالت ابتدایی(۱)به یک حالت نهایی(۲) می رودمی توان همهٔمراحل فرآیندرادرنمودارهای (P– V)یا (P- T)یا (V -T) نمایش داد .







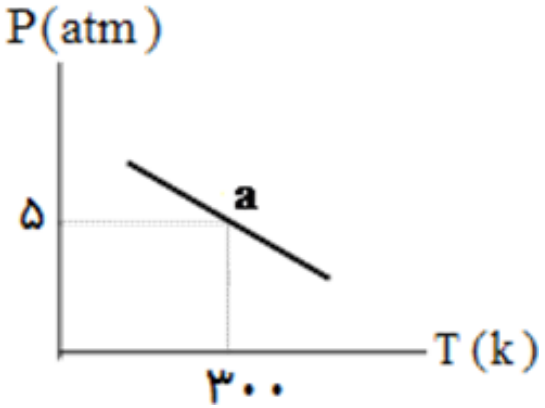
نکته :

ازرابطهٔ زیرمی توان یکی ازکمیتهای مجهول درنقاط(i)یا(f)را پیدا کرد.

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

تمرین:

حجم ۱۰ mol گازکامل را که نمودار P-T آن داده شده است درنقطهٔ a چندلیتر است. $(R = \frac{۲۵}{۳} \frac{J}{mol.k})$

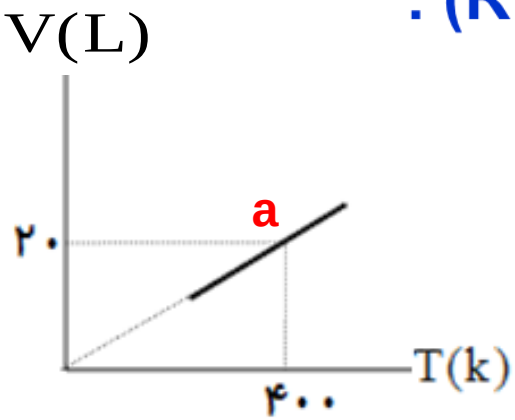


پاسخ

$V = ۵۰L$

تمرین:

نمودار V – T برای ۲ mol گاز کامل تک اتمی داده شده است فشار آن در نقطهٔ a چند اتمسفر است. ($R \approx 8\ J/mol\,k$) .



پاسخ

$P = ۳/۲ atm$

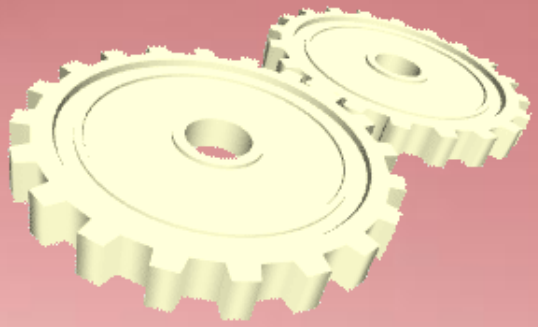
تمرین:

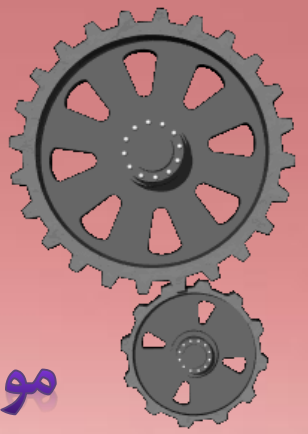
حجم نیم مول گازکامل ۵Lوفشارآن ۲atm است درفشارثابت دمای آن را از ۲۵۰Kبه ۴۰۰ K می‌رسانیم.نمودارهای (P –V)،(P –T)و(V –T) را رسم کنید.

(R ≈ 8 J/mol k)

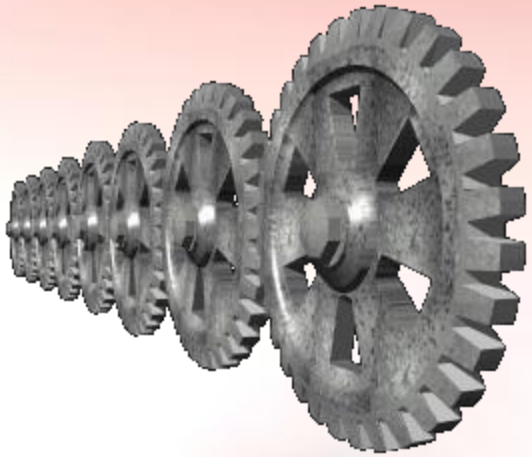
تمرین:

دریک کپسول ۱۰ لیتری،اکسیژن با فشار ۴۰atm ودمای ۲۰۰kموجود است دمای گازرا به‌آرامی به۴۰۰kمی‌رسانیم،نموداراین تحول رادرصفحه‌های P-V، P-TوV-Tنشان دهید. انبساط کپسول ناچیز است





موضوع :تبادل انرژی،قانون اول ترمودینامیک



انواع تبادل انرژی بین محیط و دستگاه:

گرما: نوعی انرژی است که به علت اختلاف دما بین دستگاه و محیط مبادله می‌شود

بنا به قرارداد:

گرمایی را که دستگاه می گیرد با علامت مثبت نشان می دهیم

گرمایی که دستگاه ازدست می دهد با علامت منفی نشان می دهیم

$$Q = m\,c\,\Delta\theta$$

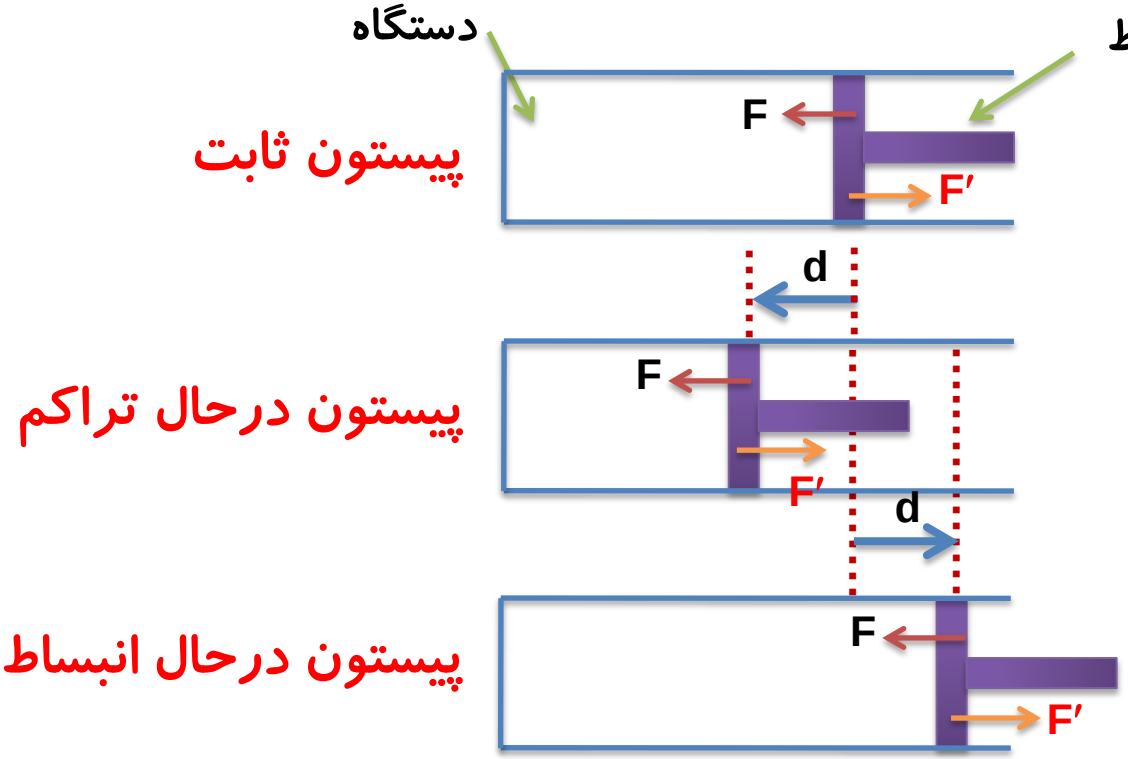
کار: عبارتست ازحاصلضرب نیرو در جابجایی پیستون درکسینوس زاویه بین نیرو وجابجایی

$$W = F \times d \times \cos\theta$$

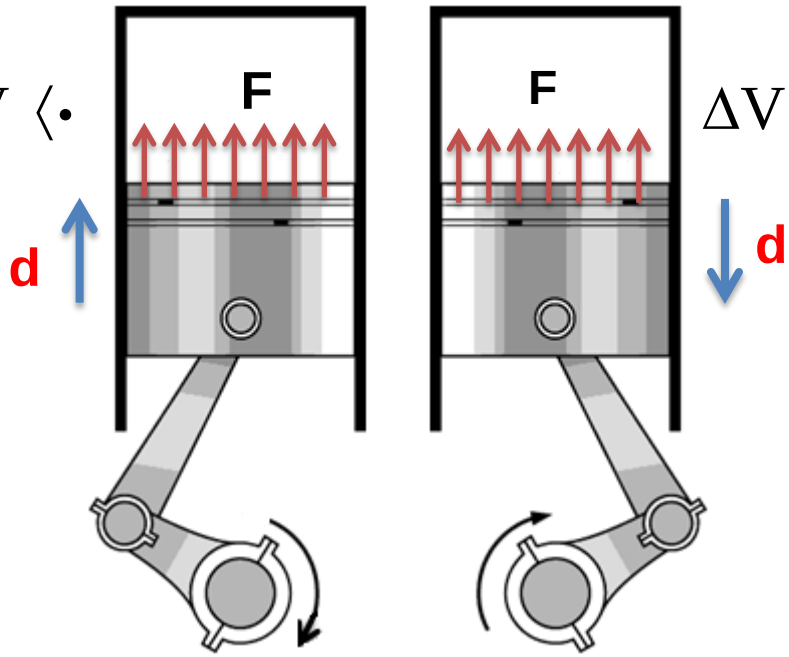
سه نکتهٔ مهم درمورد علامت کار که نباید فراموش شود.

۱-درشکل زیر،نیرویی را که پیستون به گاز واردمی کندبا F ونیرویی را که گاز به پیستون اثرمی دهدبا F′ نشان داده ایم.

توجه:چه پیستون ثابت بماند وچه به سمت راست یا چپ حرکت کند،جهت این نیروها تغییر نمی کند.



۲-کاری را که محیط روی دستگاه انجام می دهدبا W نشان می دهیم درواقع کاری است که نیروی F روی گاز انجام می دهد



انبساط $\Delta V \rangle 0$ تراکم $\Delta V \langle 0$

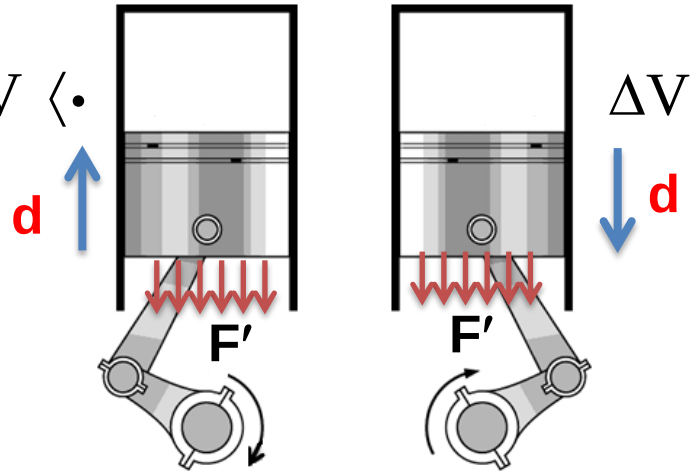
W کارپیستون برروی گاز

- انبساط ← $\Delta V \rangle 0$ ← $W \langle 0$
- تراکم ← $\Delta V \langle 0$ ← $W \rangle 0$

۳-همزمان باکاری را که محیط روی دستگاه انجام می دهد W،دستگاه هم روی محیط کار انجام می دهد که آن را با نماد W′نشان می دهیم.

با توجه به عمل وعکس العمل بودن نیروهایی که محیط ودستگاه به هم واردمی کنند می فهمیم که همیشه $W = -W'$ است

منفیِ کار گاز روی پیستون = کار پیستون روی گاز



W' کارگاز برروی پیستون

- انبساط ← $\Delta V \rangle 0$ ← $W' \rangle 0$
- تراکم ← $\Delta V \langle 0$ ← $W' \langle 0$

منبع گرمایی :

جسمی است که جرم آن در مقابل جرم دستگاهی که با آن تبادل گرما دارد، چنان بزرگ است که می تواند مقدار زیادی گرما بگیرد،یا از دست بدهد، بی آنکه تغییر دمای محسوسی بکند.

مثلاً :هوای اتاق برای یک فنجان چای داغ ، منبع گرما در نظر گرفته می‌شود.

سوزن را حرارت دهیم و به داخل یک استخربزرگ حاوی آب بیاندازیم،آب استخر منبع گرمایی برای سوزن محسوب می‌شود.

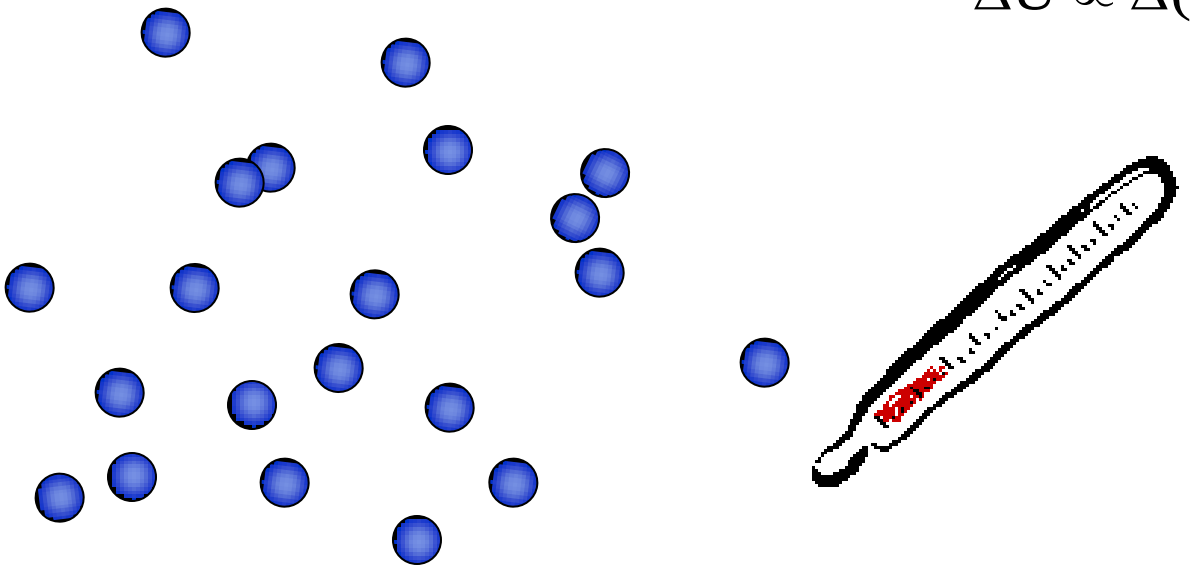
انرژی درونی:

به مجموع انرژی‌های جنبشی وپتانسیل مولکولهای یک دستگاه انرژی درونی آن نامیده می‌شود.

چند نکتهٔ‌مهم:

تغییرانرژی درونی گاز کامل فقط تابع دمای مطلق گاز است . $\Delta U \propto \Delta T$

طبق معادلهٔ حالت چون T دمای مطلق یک گاز متناسب با PV(حاصل ضرب فشار گاز در حجم گاز)است.پس $\Delta U \propto \Delta(PV)$

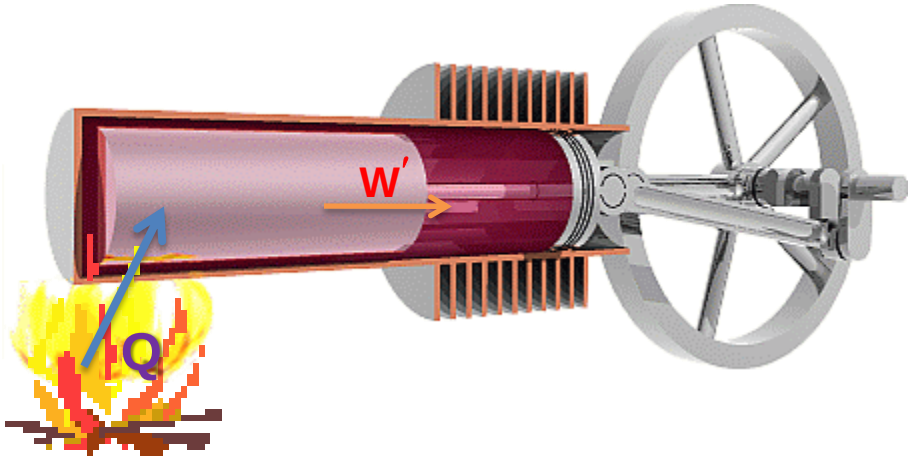


اصل پایستگی انرژی برای هردستگاه :

(گرمای افزوده شده به دستگاه) = (افزایش انرژی درونی دستگاه) + (کارانجام شده توسط دستگاه)

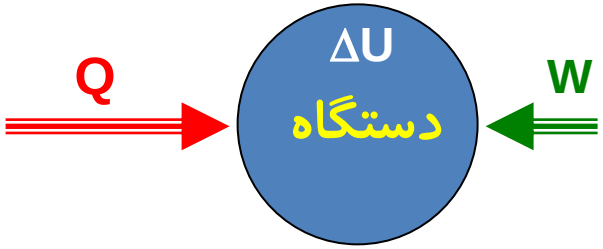
$$Q = \Delta U + W'$$

$$Q - W' = \Delta U \xrightarrow{W = -W'} Q + W = \Delta U$$



قانون اول ترمودینامیک :

تغییر انرژی درونی دستگاه برابر است با مجموع گرمایی که دستگاه دریافت می‌کند وکاری که برروی آن انجام می‌شود.



$$\Delta U = Q + W$$

- ΔU: تغییر انرژی درونی دستگاه
- W: کار انجام شده بر روی دستگاه
- Q: گرمایی که دستگاه می گیرد

نکته:

کارانجام شده وگرمای مبادله شده درفرآیندهای ترمودینامیکی یک دستگاه ،به ..نوع فرآیندها.. در مسیر بستگی دارد

$$\Delta U = Q + W$$

اگر دستگاه گرما بگیرد. $Q > 0$

اگر دستگاه گرما از دست بدهد. $Q < 0$

محیط روی دستگاه کار انجام دهد(تراکم) $W > 0$

دستگاه روی محیط کار انجام دهد(انبساط) $W < 0$

اگردمای دستگاه تغییرنکند،انرژی درونی تغییر نمی کند. $\Delta U = 0$

اگردمای دستگاه افزایش یابد،انرژی درونی افزایش می یابد. $\Delta U > 0$

اگردمای دستگاه کاهش یابد،انرژی درونی کاهش می یابد. $\Delta U < 0$

تمرین:

دریک فرآیند، دستگاه ۵۰۰ژول کار انجام می‌دهدو ۴۰۰ ژول گرمادریافت می‌کند .تغییر انرژی درونی دستگاه چند ژول است؟

پاسخ

$$\Delta U = -۱۰۰J$$

$$\begin{cases} W' = ۵۰۰J \Rightarrow W = -۵۰۰J \\ Q = ۴۰۰J \\ \Delta U = ? \end{cases}$$

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow \Delta U = ۴۰۰ + (-۵۰۰) = -۱۰۰J$$

سوخت وساز بدن وقانون اول ترمودینامیک :

انرژی درونی بدن ما از انرژی شیمیایی ذخیره شده درمواد غذایی تامین می شود.با انجام فعالیت های مختلف،انرژی درونی بدن طبق قانون اول ترمودینامیک به کار وگرما تبدیل می شود.

$$\Delta U = Q + W$$

- ΔU: تغییر انرژی درونی بدن
- Q: گرمای تولیدی دربدن
- W: کار که انجام می دهیم

آهنگ سوخت و سازبدن

آهنگ تبدیل انرژی شیمیایی موادغذایی به انرژی درونی بدن را آهنگ سوخت و سازبدن می نامند.

نکته :

این آهنگ برحسب کیلو کالری بر ساعت یا برحسب وات بیان می شود.

آهنگ سوخت و ساز بدن برای شخصی با جرم متوسط ۶۵kg		
نوع فعالیت	آهنگ تقریبی سوخت‌وساز	
	kcal/h	Watt
خوابیدن	۶۰	۷۰
نشستن	۱۰۰	۱۱۵
فعالیت‌های سبک (خوردن، لباس پوشیدن و ...)	۲۰۰	۲۳۰
فعالیت‌های متوسط (تنیس، راه رفتن و ...)	۴۰۰	۴۶۰
دویدن (۱۵ km/h)	۱۰۰۰	۱۱۵۰
دوچرخه‌سواریِ سرعت	۱۱۰۰	۱۲۷۰

موضوع : فرایندهم حجم

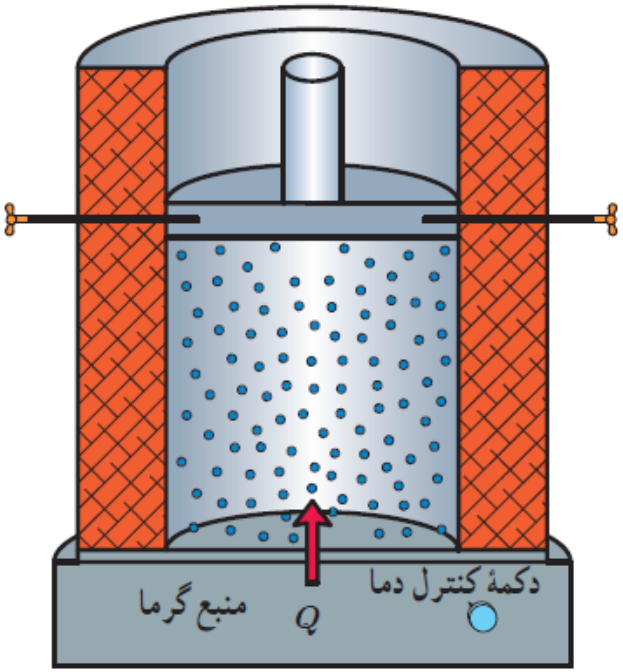
انواع فرایندهای ترمودینامیکی :

- فرایند هم‌حجم $V_1 = V_2$
- فرایند هم‌فشار $P_1 = P_2$
- فرایند هم‌دما $T_1 = T_2$
- فرایند بی‌دررو $Q = 0$

۱-فرآیند هم حجم

تحولی از یک گاز که در طول آن ،حجم گاز ثابت است را فرآیند هم حجم می‌نامند.

$$\Delta V = 0$$



منبع گرمایی بادمای قابل تنظیم

نمونه ای ازیک فرایند هم حجم :

اتومبیل هنگام طی یک مسیر،حجم لاستیک اش تغییرنمی کند

حجم لاستیک ثابت است

نکته:

دریک فرآیند هم حجم ،گازدرحین **گرفتن گرمای** Q_V از چشمه، **دما و فشارش** افزایش می یابد.

پرسش:

داخل دیگ زودپزی کمی آب می ریزیم ودرآن را می بندیم وروی شعلهٔ چراغ می گذاریم.تا قبل ازآن که بخارازطریق سوپاَپ خارج شود،تعیین کنیدکدامیک از متغیرهای ترمودینامیکی بخار آب دردیگ زودپز تغییرمی کندوچگونه؟

پاسخ

دما و فشار هر دو افزایش می یابند، اما حجم ثابت می ماند.
(انبساط ظرف را نادیده می گیریم)

پرسش:

هرگاه دیگ زودپزِحاوی بخارآب را ازروی شعله برداریم ومانع خروج بخار شویم واجازه دهیمَ تا به تدریج خنک شود، چه فرایندی صورت می گیرد؟

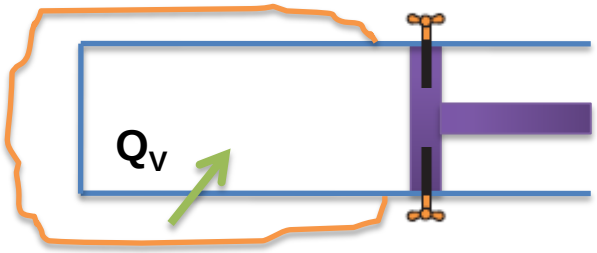
پاسخ

فرآیند هم حجم(گرماده) است در این فرایندِ هم حجم،دماو فشار،هردو کاهش می یابند.

کار انجام شده در فرآیند هم حجم

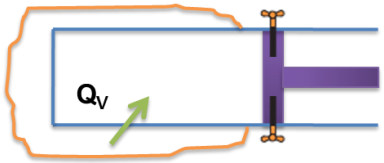
در این فرآیندکارانجام شده صفر، فقط بین دستگاه ومحیط گرمامبادله می‌شود.

$$W = 0 \ J$$

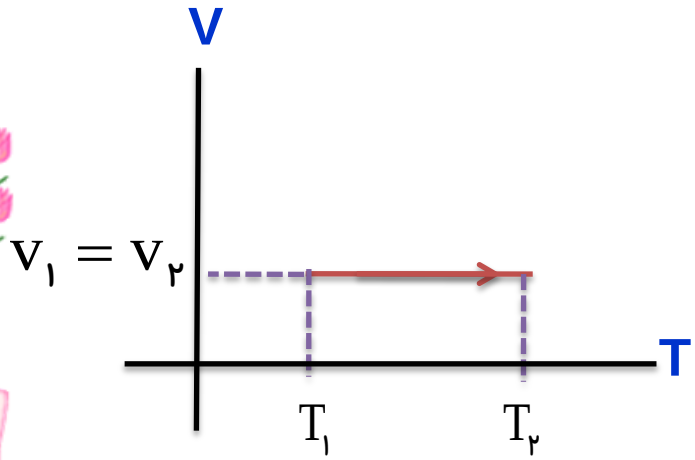


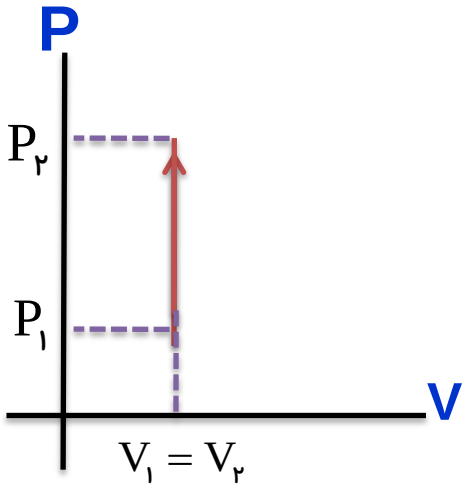
منبع گرمایی بادمای قابل تنظیم

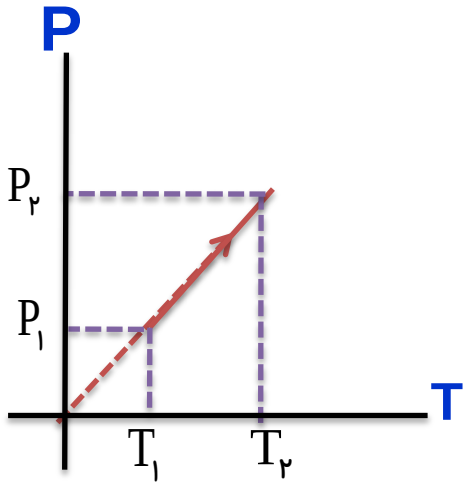
نمودارهای مختلف فرآیندهم حجم موقعی که دستگاه گرما می گیرد .



منبع گرمایی بادمای قابل تنظیم



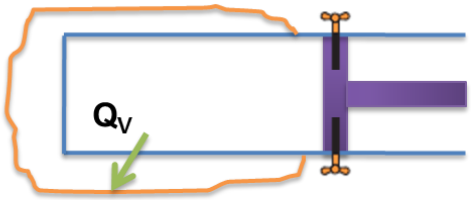




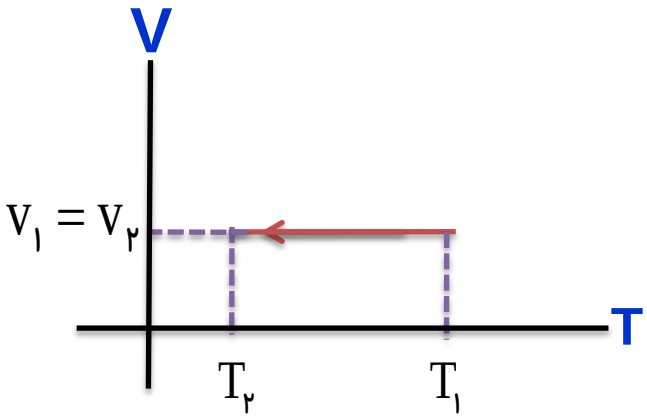
$$PV = nRT \Rightarrow P = (\frac{nR}{V})T \Rightarrow P \propto T$$

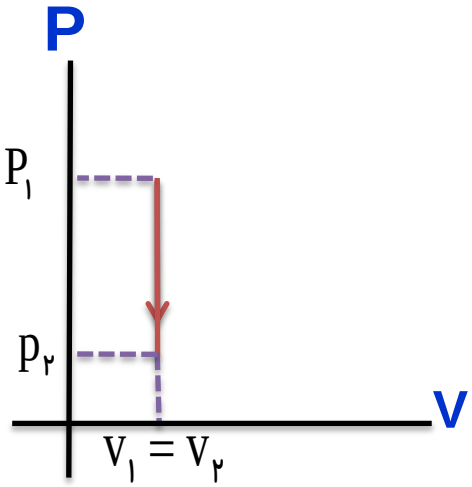
مقداری ثابت $= (\frac{nR}{V})$

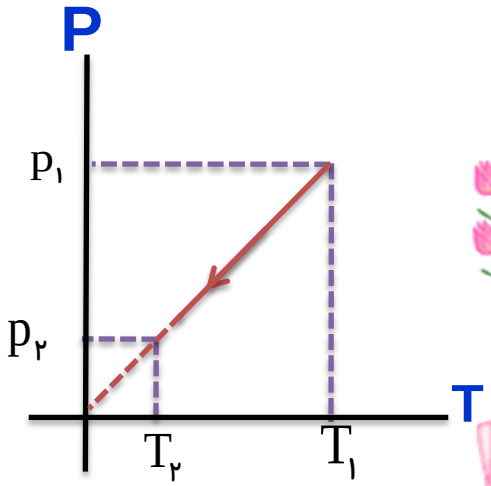
نمودارهای مختلف فرآیند هم حجم موقعی که دستگاه گرما ازدست می دهد.



منبع گرمایی بادمای قابل تنظیم







پرسش۵-۱:

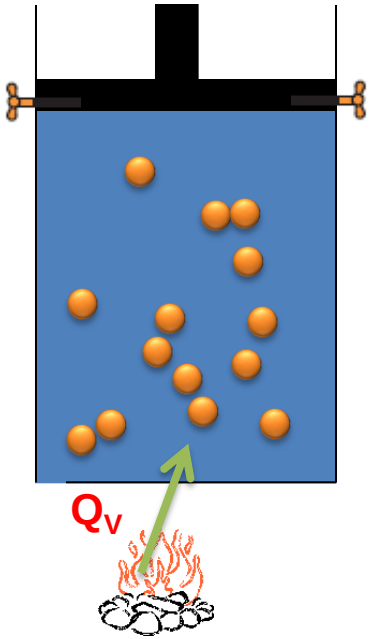
روی قوطی های اسپری، هشدار داده شده است که از انداختن آن در آتش خودداری کنید. علت این توصیه را براساس فرایندهم حجم توضیح دهید.

پاسخ:

با افزایش دما،جنبش مولکول های گاز درون قوطی بسیار زیاد می شودوفشارواردازطرف گازبه دیواره های آن افزایش می یابد و این افزایش فشار اگر ازحد معینی بیشتر شود. می تواند موجب ترکیدن قوطی شود.

گرمایی ویژهٔ مولی یک گاز در حجم ثابت : C_V

مقدار گرمایی است که درحجم ثابت به یک مول گاز داده می شود تا دمای آن یک کلوین بالا رود



$$V_1 = V_2$$
$$n = 1\ mol$$
$$\Delta T = 1k$$

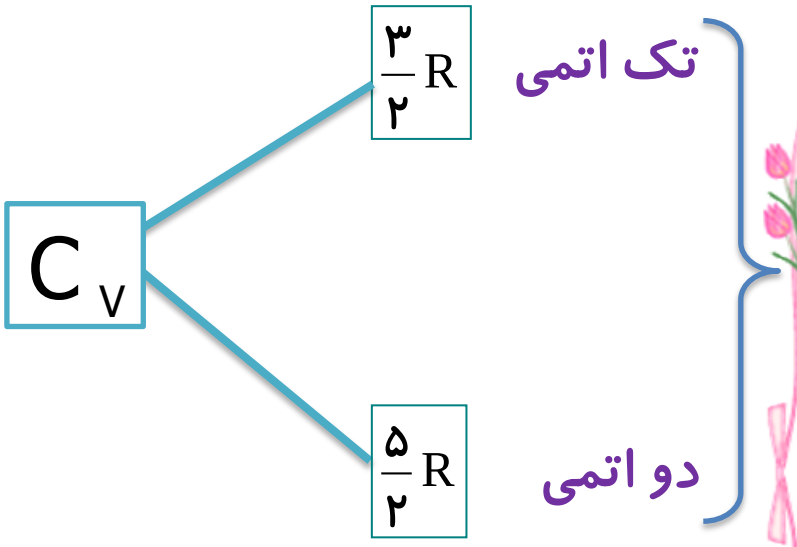
فرمول گرمای مبادله شده درفرآیند هم حجم : Q_V

$$Q_V = n\ C_V\ \Delta T$$

- Q_V : گرمای مبادله شده در حجم ثابت
- n : تعداد مول‌ها
- C_V : گرمای ویژهٔ مولی در حجم ثابت
- ΔT : تغییر دمای (برحسب)کلوین

نکته :

با **تقریب خوبی** می توان نشان داد که گرمای ویژهٔ مولی درحجم ثابت به **جنس گاز بستگی ندارد** برای گازهای کامل :

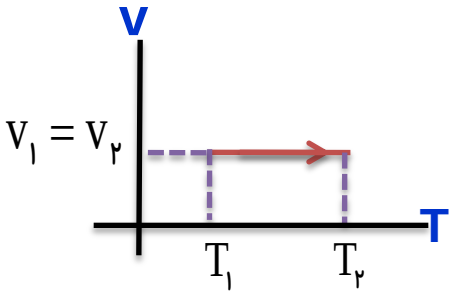


جدول ۵ــ۱ گرمای ویژهٔ مولی در حجم ثابت برای برخی گازها در فشار کم برحسب J/mol.K

گاز	C_V
Ar	۱۲/۵
He	۱۲/۵
Ne	۱۲/۵
هوا	۲۰/۸
CO	۲۰/۷
H_2	۲۰/۴
HCl	۲۱/۴
N_2	۲۰/۸
NO	۲۰/۹
O_2	۲۱/۲
Cl_2	۲۴/۸
CO_2	۲۸/۵
CS_2	۴۰/۹
H_2S	۲۵/۴
N_2O	۲۸/۵
SO_2	۳۱/۳

تمرین ۵-۱:

دمای n مول گاز با گرمای ویژهٔ مولی درحجم ثابت C_V، دریک فرایندهم حجم از T_1 به T_2 رسیده است. الف) تغییر انرژی درونی گازدراین فرایند را بیابید.
ب) اگر این گاز، گازآرمانی و تک اتمی باشد، تغییر انرژی درونی آن به چه صورتی نوشته می شود؟



پاسخ:

دریک فرایندهم حجم $W = 0$ است.

الف)

$$\Delta U = Q_V + W \xrightarrow{W=0} Q_V = n\,C_V\Delta T \longrightarrow \Delta U = n\,C_V\Delta T$$

ب)

$$\Delta U = n\,C_V\Delta T \xrightarrow{C_V = \frac{3}{2}R} \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

نکته:

وقتی P و V درمساله داده باشند، تغییرانرژی درونی گاز را می توان از رابطهٔ زیربدست آورد

$$\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(PV) = \frac{3}{2}V\Delta P$$

تمرین:

چه مقدار گرما لازم است تا دمای ۲ مول گاز اکسیژن در حجم ثابت به اندازه ده درجه سلسیوس افزایش یابد؟ ($R \approx 8\ J/mol\ k$) .

پاسخ

$Q_V = ۴۰۰J$

$$\begin{cases} Q_V = ? \\ n = ۲mol \\ \Delta\theta = ۱۰^{\circ}C \rightarrow \Delta T = ۱۰k \\ C_V = \frac{۵}{۲}R \rightarrow C_V = \frac{۵}{۲} \times ۸ = ۲۰\ J/mol.k \end{cases}$$

$$Q_V = n\ C_V\ \Delta T$$

$$Q_V = ۲ \times ۲۰ \times ۱۰$$

$$Q_V = ۴۰۰J$$

تمرین:

دریک فرآیند هم‌حجم به ۱ مول گاز کامل تک اتمی ، ۱۵۰۰ J گرما می‌دهیم افزایش دمای آن را محاسبه کنید. ($R \approx 8\ J/mol\,k$)

پاسخ

$\Delta T = ۱۲۵K$

$n = ۱mol$

$C_V = \frac{۳}{۲}R \Rightarrow C_V = \frac{۳}{۲} \times ۸ = ۱۲\ J/mol.k$

$Q_v = ۱۵۰۰J$

$\Delta T = ?$

$Q_V = n.\ C_V.\Delta T$?

$\Delta T = \frac{Q_v}{n\ .C_v}$

$\Delta T = \frac{۱۵۰۰}{۱ \times ۱۲} = ۱۲۵K$

تمرین:

دمای مقدارمعینی گازتک اتمی را درحجم ثابت ۵۰کلوین سردمی کنیم.در این فرآیند J ۴۰۰گرما ازگازخارج می‌شود.الف) کار انجام شده بر روی گاز چقدر است؟ ب) تغییر انرژی درونی گاز چند ژول است؟

پاسخ

$W = ۰$

$\Delta U = -۴۰۰J$

الف)

$V_۱ = V_۲$

$\Delta T = -۵۰K$

$Q = -۴۰۰J$

کارانجام شده درفرایند هم حجم همیشه صفراست. $W = ۰$

ب)

$W = ?$

$\Delta U = ?$

$\Delta U = Q + W \Rightarrow \Delta U = -۴۰۰ + ۰ = -۴۰۰J$

تمرین:

۱۱۴ ژول گرما در حجم ثابت به ۰/۲ مول از گازی داده شده و دمای گاز را $200^{0}C$ بالا برده است. ظرفیت گرمایی مولی در حجم ثابت این گاز چقدر است؟

پاسخ

$$C_v = ۲۸/۵ \, {J}/{mol.k}$$

تست:

در یک فرآیند هم حجم ۲۰۰ ژول به انرژی درونی دستگاه افزوده شده است. در این حالت کدام گزینه در مورد گرمای مبادله شده توسط دستگاه صحیح می‌باشد؟

۱) دستگاه ۲۰۰J گرما گرفته است.

۲) دستگاه ۲۰۰ J گرما از دست داده است.

۳) بین دستگاه و محیط گرمایی مبادله نشده است.

۴) دستگاه ۱۰۰J گرما از دست داده است.

پاسخ

گزینه ۱ صحیح است.

$$\begin{cases} W = 0J \\ \Delta U = 200\ J \\ Q = ? \end{cases} \qquad \Delta U = Q + W \rightarrow 200 = Q + 0 \rightarrow Q = 200J$$

تست:

۹۶ژول گرما درحجم ثابت به۰/۲مول گازهلیوم داده می‌شود.دمای آن چقدر بالا می‌رود؟($R \approx 8\ J/mol\ k$)

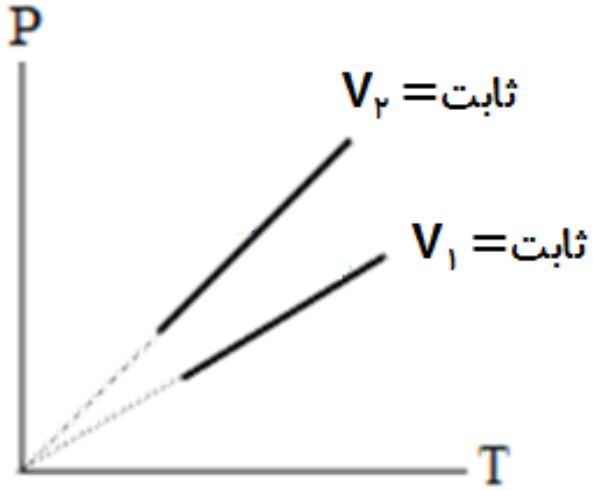
۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

پاسخ

گزینه ۴ صحیح است.

تست:

تغییرات فشاردرمقابل دمای یک گاز در دو حجم ثابت V_1 و V_2 مطابق شکل زیر است دراین صورت



الف) $V_1 = V_2$

ب) $V_1 \rangle V_2$

ج) $V_1 \langle V_2$

د) داده های مسئله برای مقایسهٔ V_1 و V_2 کافی نیست

موضوع :فرایندهم فشار

پرسش:

بادکنک کوچکی را بادمی کنیم ویک بار داخل سطل آبِ سرد و بار دیگر (درعمق یکسان)درآبِ گرم قراردهیدکدام یک ازمتغیرهَای ترمودینامیکی تغییرمی کند ونوع فرَایند چیست؟

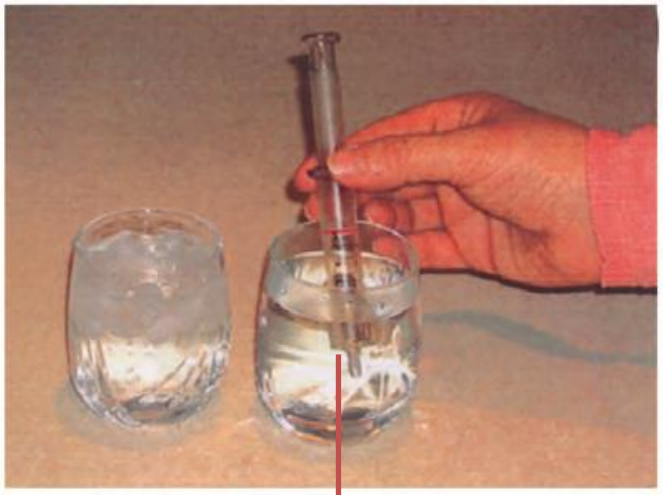
پاسخ

دما وحجم بادکنک تغییرمی یابند،نوع فرآیند:هم فشار(چون عمق تغییر نکرده) است.

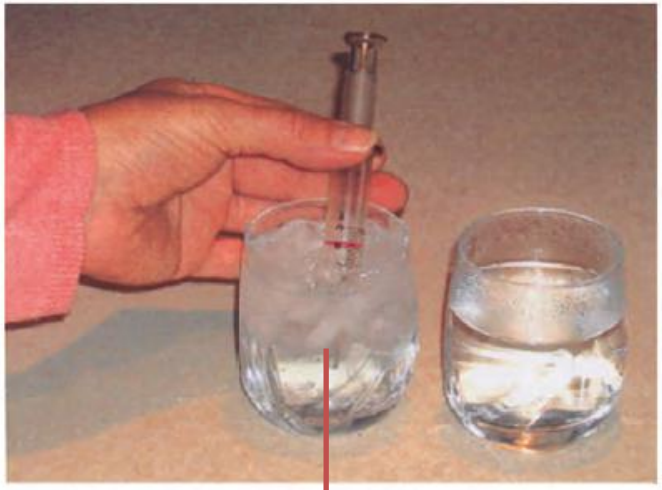
پرسش:

سرنگ مسدودی که پیستون آن آزادانه حرکت می کند،رایکبارداخل آب داغ وباردیگر داخل لیوان آب یخ، قراردهید نوع فرآیند هرحالت رامعین کنید؟ (با فرض اینکه اصطکاک بین پیستون واستوانه ناچیزباشد)

پاسخ



انبساط هم فشار



تراکم هم فشار

فرآیند هم‌فشار

تحولی را که در طی آن فشار گاز ثابت بماند ، فرآیند هم فشار می‌نامند.

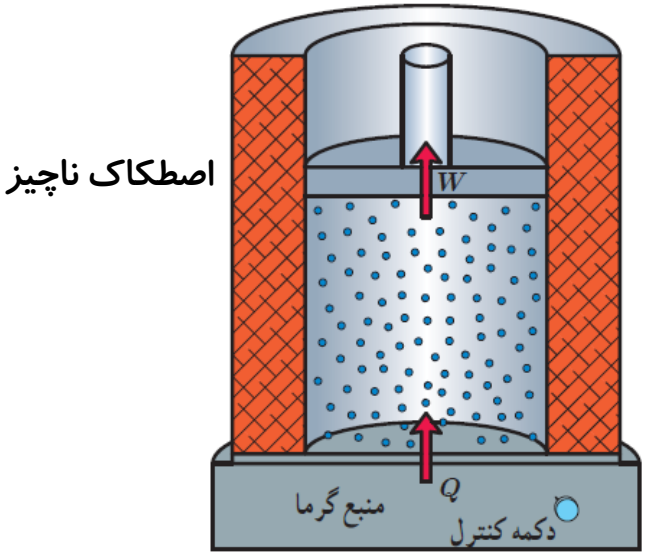
دراین فرآیندستگاه بادریافت گرما ازچشمه گرم منبسط می‌شودو با ازدست دادن گرما متراکم می‌گردد.(با فرض اینکه اصطکاک بین پیستون واستوانه ناچیزباشد)

منبع گرمایی با دمای قابل تنظیم

شرایط ایجاد فرایند هم‌فشار

۱-باید اصطکاک پیستون و استوانه ناچیز باشد .

۲-مبادله گرما بین منبع گرم و دستگاه خیلی آهسته صورت گیردتا هم دستگاه در هر لحظه نزدیک به وضعیت تعادل باشد و هم پیستون خیلی آرام حرکت کند

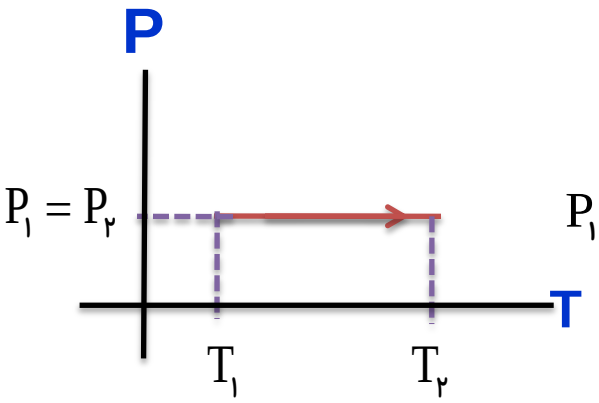


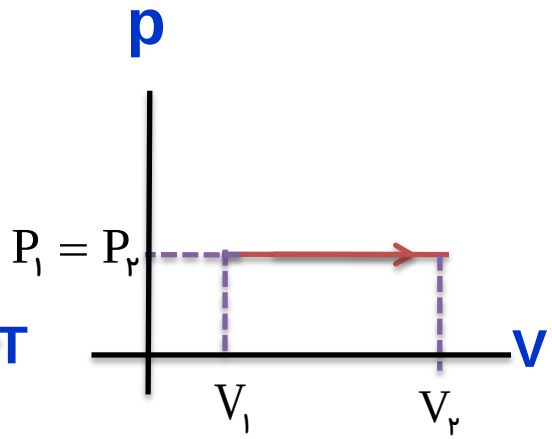
منبع گرمایی با دمای قابل تنظیم

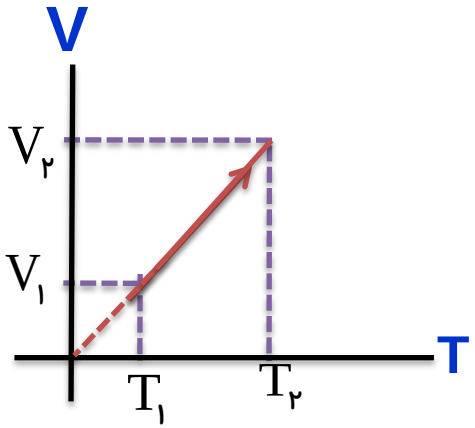
رسم نمودارهای فرآیندهم فشار : (انبساط)

در فرآیندانبساط هم فشار ، اگردستگاه گرمای Q_p را بگیرد . کار W' را انجام می دهد

منبع گرمایی با دمای قابل تنظیم





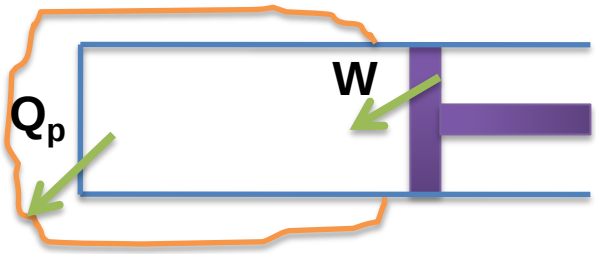


$$PV = nRT \Rightarrow V = (\frac{nR}{P})T \Rightarrow V \propto T$$

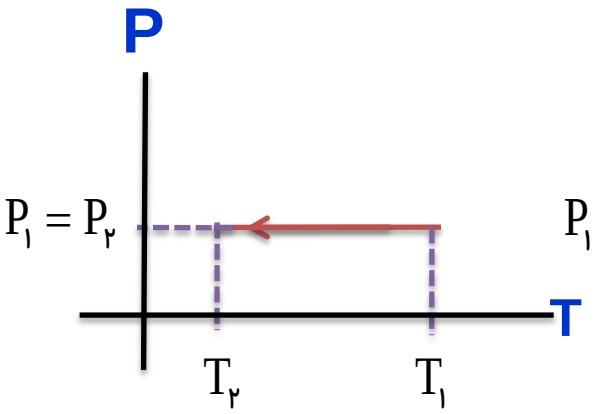
$$(\frac{nR}{p}) = \text{مقداری ثابت}$$

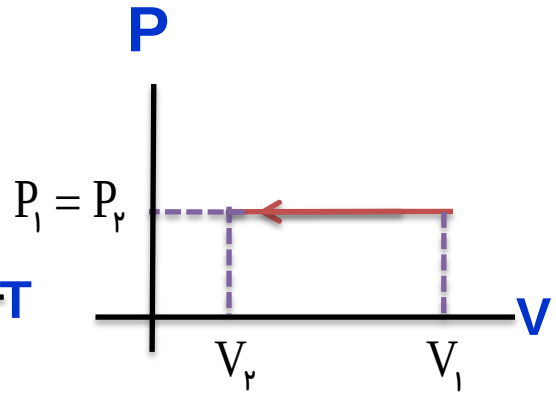
رسم نمودارهای فرآیند هم فشار : (تراکم)

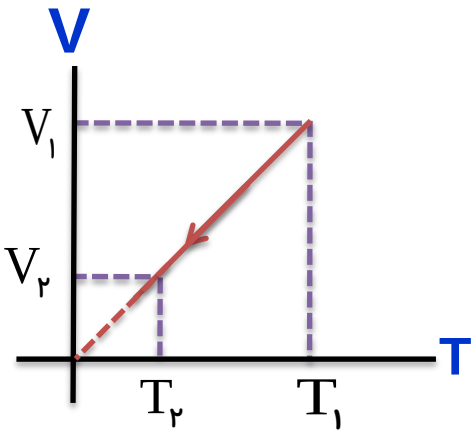
در تراکم هم فشار ،محیط کار W انجام داده ودستگاه گرمای Q_p را ازدست می دهد.



منبع گرمایی با دمای قابل تنظیم







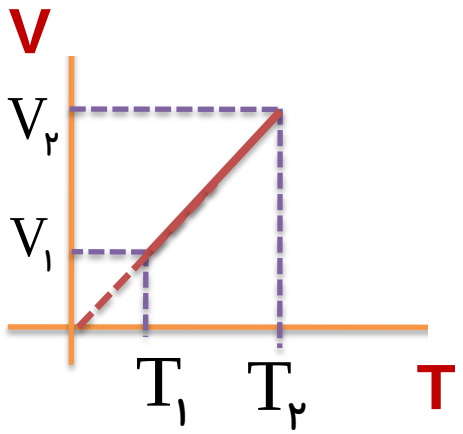
تمرین ۵-۲:

نشان دهید نمودار V- T برای فرایند هم فشار یک گاز آرمانی، خط راستی است که امتداد آن از مبدأ مختصات می گذرد.

پاسخ:

$$PV = nRT \Rightarrow V = (\frac{nR}{P})T \Rightarrow V \propto T$$

چون $(\frac{nR}{P})$ مقداری ثابت است رابطهٔ فوق معادله خط راستی است که امتداد آن از مبدأ مختصات می گذرد



محاسبه کار در یک تحول انبساطی(هم فشار):

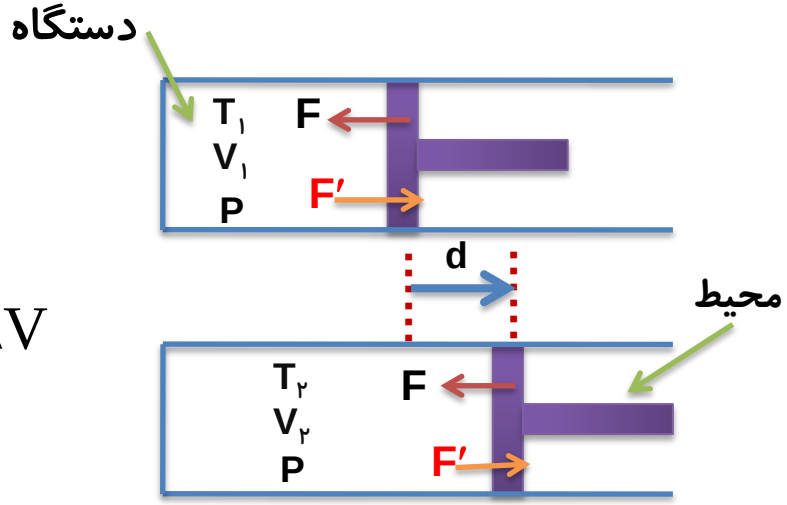
کاری که دستگاه (گاز)بر روی محیط (پیستون) انجام می‌دهد(انبساط گاز) W'

$$W' = F'.d\cos 0$$

$$W' = +F'd \qquad F' = PA$$

$$W' = P.Ad \qquad Ad = \Delta V$$

$$W' = +P.\Delta V$$



$$W = F.d\cos 180$$

$$F = PA$$

$$W = -P.Ad \qquad Ad = \Delta V$$

$$W = -P.\Delta V$$

کارپیستون برروی گاز

تمرین ۵-۳:

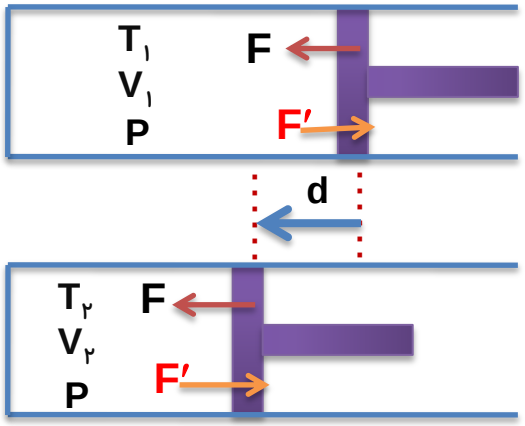
نشان دهید رابطهٔ $W=-P\Delta V$ که برای یک انبساط هم فشار به دست آمده، برای یک تراکم هم فشار نیز برقرار است.

پاسخ:

کاری که دستگاه روی محیط انجام می‌دهد(تراکم گاز)

$$W' = F'.d\cos ۱۸۰$$

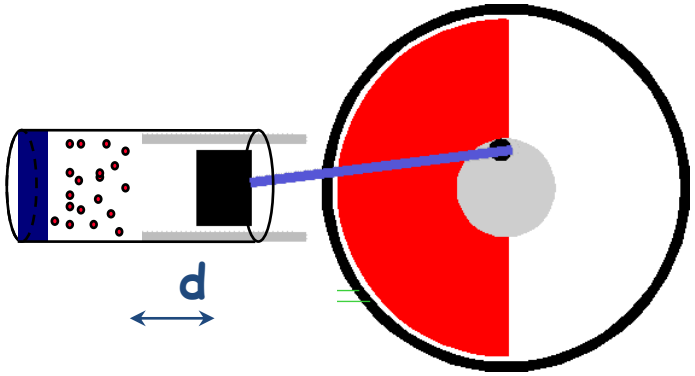
$$W' = -F'd \quad , \quad F' = PA \Rightarrow W' = -P.Ad \quad , \quad Ad = V_۱ - V_۲ = -\Delta V \Rightarrow W' = +P.\Delta V$$



$$W = F.d\cos ۰ \quad , \quad F = PA \Rightarrow W = P.Ad \quad , \quad Ad = V_۱ - V_۲ = -\Delta V \Rightarrow W = -P.\Delta V$$

کارپیستون برروی گاز

کار انجام شده در فرآیند هم فشار



کاری انجام شده برروی دستگاه $W = -P.\Delta V$

کاری انجام شده برروی محیط $W' = P.\Delta V$

اگر گاز در حال تراکم است پس $\Delta V<0$ در نتیجه $W>0$ می‌شود یعنی کاربرروی دستگاه مثبت و بر روی محیط منفی است.

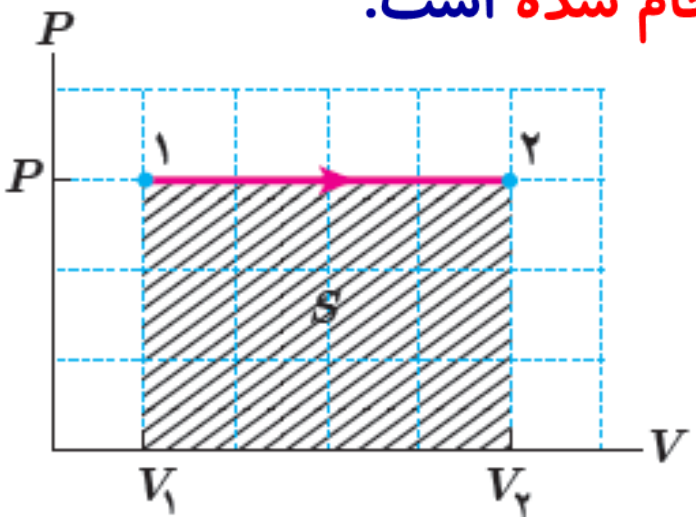
اگر گاز در حال انبساط است پس $\Delta V>0$ در نتیجه $W<0$ می‌شود یعنی کاربرروی گاز منفی و بر روی محیط مثبت است.

نکتهٔ مهم :

طبق معادله ی حالت می توان کاررا ازرابطهٔ زیرنیز بدست آورد. $W = -nR\Delta T$

فعالیت۵-۱:

با توجه به نمودار شکل روبه رو، نشان دهیددرفرایند هم فشار، مساحت سطح زیر نمودارP-Vبرابر با قدرمطلق کار انجام شده است.



پاسخ:

حاصل ضرب PΔVدرواقع مساحت زیرنمودار(P-Vمساحت ناحیهٔ هاشورخورده) است.

$$\left.\begin{array}{l} W = -P.\Delta V \\ S = P.\Delta V \end{array}\right\} S = |W| = |-P.\Delta V|$$

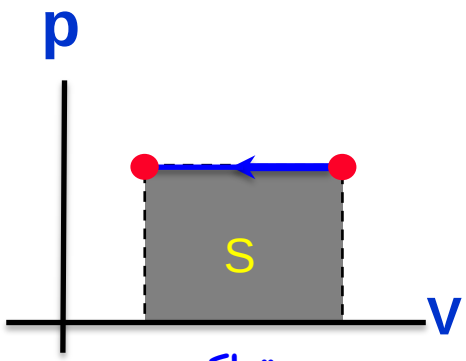
قدرمطلق کارمحیط روی دستگاه

محاسبه ی کار به کمک نمودار :

سطح زیرنمودار(P-V) برابرقدرمطلق کارمبادله شده بین دستگاه ومحیط است

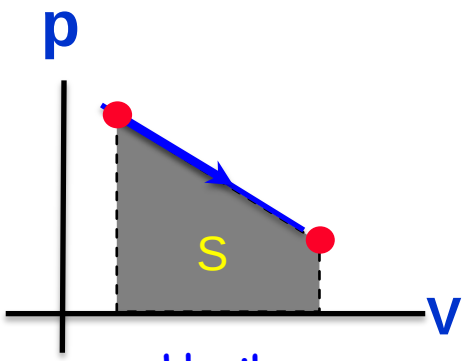
کارانجام شده برروی گازدرتراکم (W > 0) و درانبساط (W < 0)

$$|W| = S = |-P.\Delta V|$$



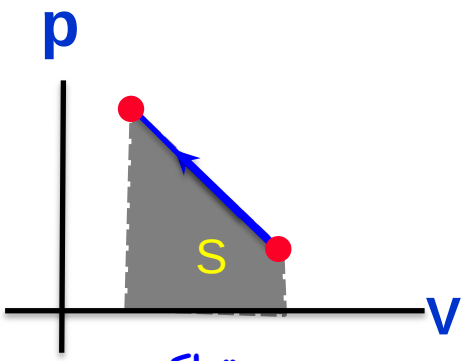
تراکم

$W = +S$



انبساط

$W = -S$

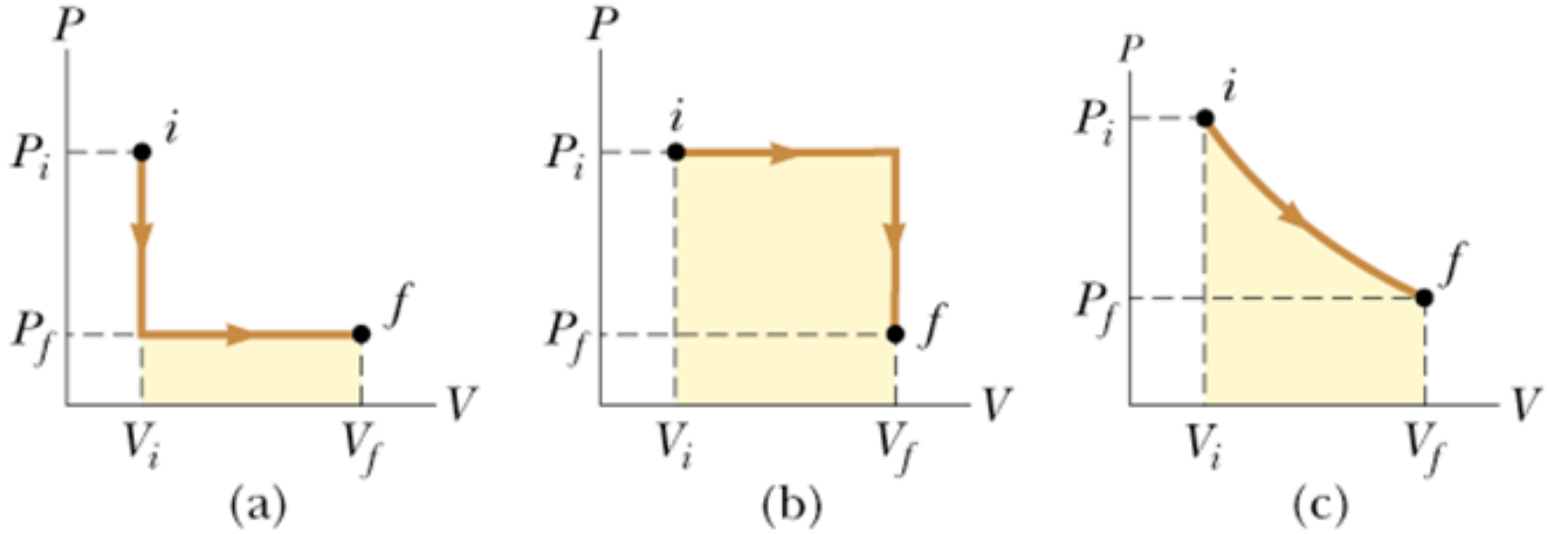


تراکم

$W = +S$

پرسش:

قدرمطلق کارانجام شده درکدام نموداربیشتراست؟

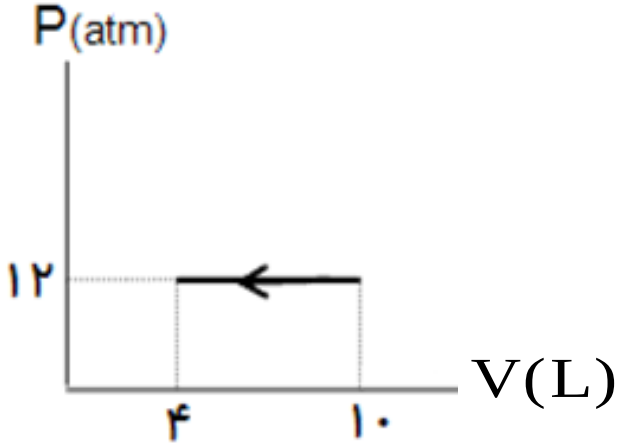


پاسخ:

هرکدام که مساحت زیرنمودارش(مساحت ناحیهٔ رنگی) بیشتر باشد.شکل b

تمرین:

نمودارهای P–V برای گاز کامل سه اتمی(CO_2) داده شده است، کار انجام شده روی گاز(دستگاه) را حساب کنید

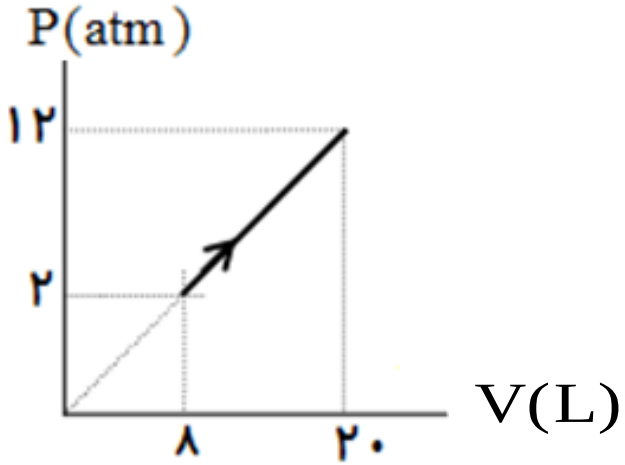


پاسخ

$W = ۷۲۰۰\ J$

تمرین:

نمودار P–V برای گاز کامل تک اتمی داده شده است، کار انجام شده برروی دستگاه را حساب کنید



پاسخ

$W = -۸۴۰۰\ J$

تست:

گاز در فشار ثابت $10^{3}\ Pa$ از حجم ۳ لیتر به ۷ لیتر می‌رسد. کار انجام شده توسط گاز برابر است با:

۱) $+4$ ۲) -2 ۳) $+2$ ۴) -4

پاسخ

$$\begin{cases} P = 10^{3}\ Pa \\ V_1 = 3L \\ V_2 = 7L \\ W' = ? \end{cases}$$

$$W' = P.\Delta V$$

$$W' = 10^{3} \times (7-3) \times 10^{-3}$$

$$W' = 4J$$

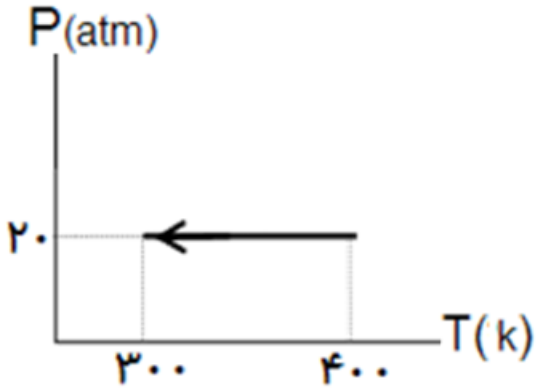
گزینه ۱ صحیح است.

تمرین:

نمودار P – T برای ۵/. مول گازکامل تک اتمی داده شده است، کار انجام شده روی دستگاه را به دست آورید

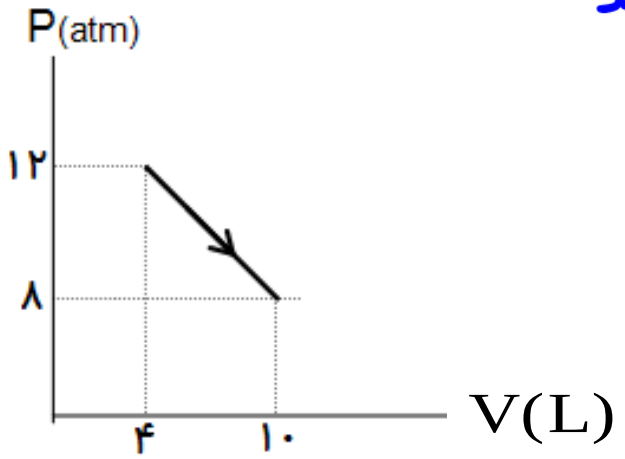
پاسخ

$W = ۴۰۰\ J$



تمرین:

نمودارهای P – V برای گاز کامل دو اتمی داده شده است، کارانجام شده روی دستگاه را حساب کنید

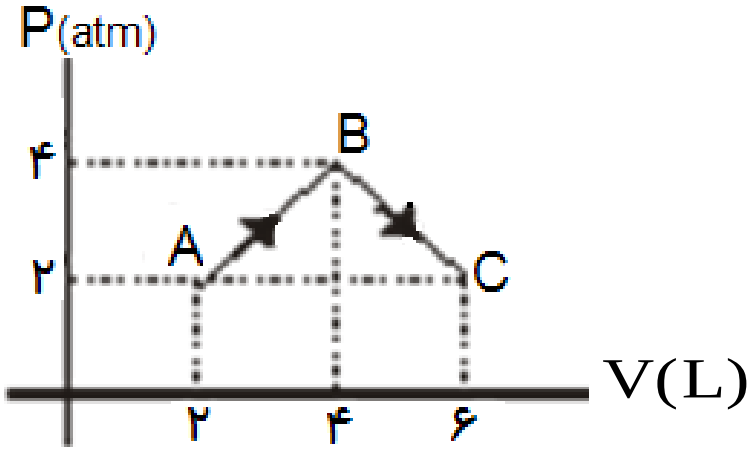


پاسخ

$W = -۶۰۰۰\ J$

تمرین:

درنمودارمقابل که مربوط به یک مول گاز تک اتمی است کار انجام شده برای انتقال گاز از حالت تعادل A به C برابر است با :

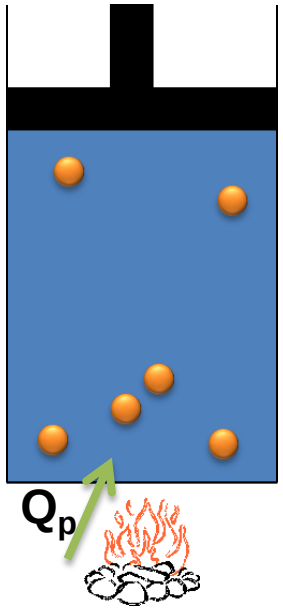


پاسخ

$W = -۱۲۰۰\ J$

گرمای ویژهٔ مولی درفشارثابت: (C_P)

مقدار گرمایی است که در فشار ثابت به یک مول گاز داده می شود ،تا دمای آن یک کلوین بالا رود



$$P_1 = P_2$$
$$n = 1\ mol$$
$$\Delta T = 1k$$

فرمول گرما درتحول هم فشار: Q_P

$$Q_P = n\ C_P\ \Delta T$$

- گرمای مبادله شده در فشار ثابت
- تعداد مول‌ها
- گرمای ویژهٔ مولی در فشار ثابت
- تغییردمای(برحسب)کلوین

نکته :

با تقریب خوبی می توان نشان داد،که گرمای ویژهٔ مولی درفشار ثابت به جنس گاز بستگی ندارد برای گازهای کامل:

$C_P = C_V + R$

C_P

- تک اتمی: $\frac{5}{2}R$
- دو اتمی: $\frac{7}{2}R$

جدول ۵ــ۲ گرمای ویژهٔ مولی چند گاز در فشار ثابت بر حسب J/mol.K

گاز	C_P
Ar	۲۰/۸
He	۲۰/۸
Ne	۲۰/۸
هوا	۲۹/۱
CO	۲۹/۱
H_2	۲۸/۸
HCl	۲۹/۱
N_2	۲۹/۱
NO	۲۹/۸
O_2	۲۹/۴
Cl_2	۳۳/۹

پرسش:

چرا مقدارگرمای ویژه مولی درفشارثابت ازمقدار گرمای ویژه مولی در حجم ثابت بیشتر است ؟

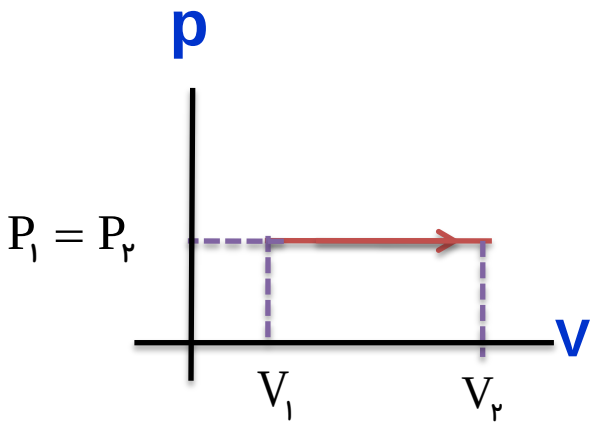
$C_P > C_V$

پاسخ

زیرا درفرآیندهم حجم،گرمای داده شده،فقط باعث **افزایش دمای گاز**(انرژی درونی گاز)می‌گردد.درصورتی که درفرآیندهم فشار،گرمای داده شده،علاوه برافزایش دمای گاز(انرژی درونی گاز)،باعث **انجام کار**(W') نیز می شود

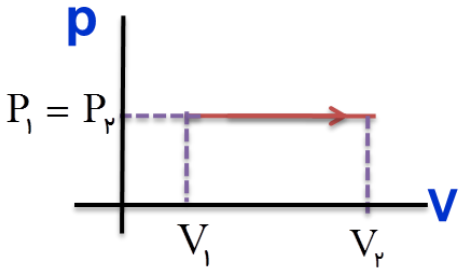
تمرین:

دریک **فرآیند هم‌فشار**، دمای مطلق مقدارمعینی ازیک گازکامل **تک اتمی** از T_1 به T_2 می‌رسد .کار و گرمای داده شده به گاز و **تغییر انرژی درونی** آن از چه رابطه‌هایی محاسبه می‌شود؟



پاسخ

محاسبه کار هم‌فشار



$$\begin{cases} T_1 \Rightarrow T_2 \\ W = ? \end{cases}$$

$PV = nRT$ ازطرفین دلتا می گیریم $P\Delta V = nR\Delta T$

$$\left.\begin{array}{l} W = -nR\Delta T \\ W = -P.\Delta V \end{array}\right\}$$

محاسبه گرما هم‌فشار

$$\begin{cases} Q_P = ? \\ C_P = \frac{5}{2}R \end{cases}$$

$$Q_P = nC_P\Delta T \Rightarrow Q_P = \frac{5}{2}nR\Delta T$$

محاسبه تغییر انرژی درونی

$$\Delta U = Q + W \begin{cases} W = -nR\Delta T \\ Q_P = \frac{5}{2}nR\Delta T \end{cases} \Rightarrow \Delta U = \frac{5}{2}nR\Delta T - \frac{2}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

تمرین:

با صرف ۱۶۰۰ J گرما، دمای چند مول گاز تک اتمی را می‌توان درفشار ثابت ، ۸۰ K افزایش داد؟ ($R \approx 8\ J/mol\,k$)

پاسخ

$n = ۱\ mol$

$Q_P = ۱۶۰۰ J$

$n = ?\,mol$

$C_P = \frac{۵}{۲} R \Rightarrow C_P = \frac{۵}{۲} \times ۸ = ۲۰ \ J/_{moL.k}$

$\Delta T = ۸۰ k$

$$Q_P = n\ C_P\ \Delta T$$

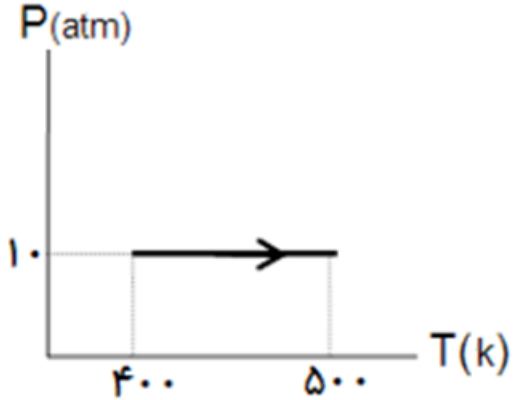
$$n = \frac{Q_P}{C_P . \Delta T}$$

$$n = \frac{۱۶۰۰}{۲۰ \times ۸۰} = ۱ mol$$

تمرین:

نمودار P –T برای یک مول گازکامل تک اتمی داده شده است. کارانجام شده بر روی گاز،گرما وتغییرانرژی درونی را به دست آورید

پاسخ



$W = -۸۰۰J$

$Q = ۲۰۰۰J$

$\Delta U = ۱۲۰۰J$

تمرین:

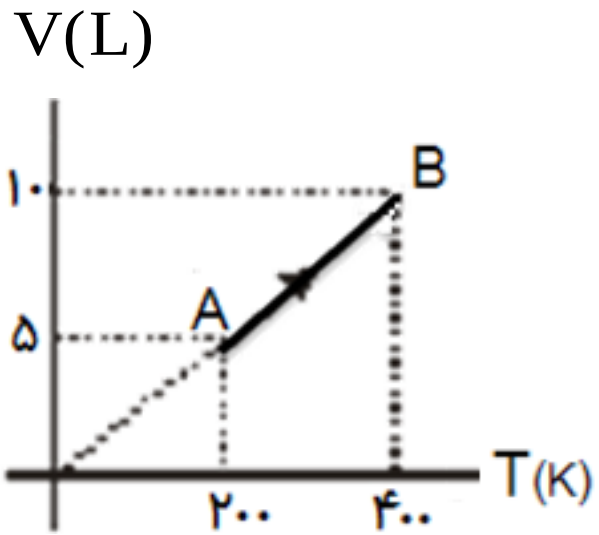
سه مول گاز کاملی را در فشار ثابت از $27\ ^0C$ تا $127\ ^0C$ گرم می‌کنیم. کاری را که گاز انجام می‌دهد را بدست آورید.

پاسخ

$$W' = -2400J$$

تمرین:

نمودارشکل مقابل برای یک مول گازکامل رسم شده است.اگرفشارگازدرنقطه A، P_Aو درنقطه B، P_Bباشد، P_B-P_A را بدست آورید؟

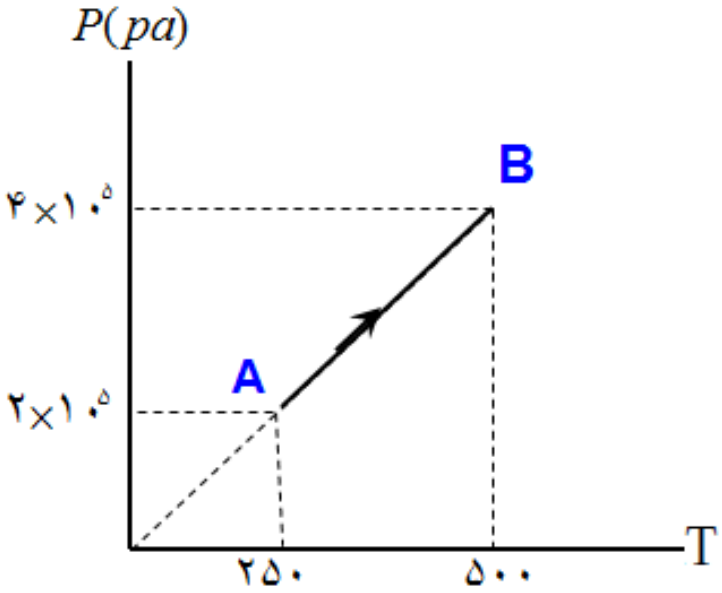


پاسخ

صفر

تمرین:

اگر نمودار P-T برای یک مول گاز کامل به شکل زیرباشدکارانجام شده توسط گاز از A تا B چند ژول است؟

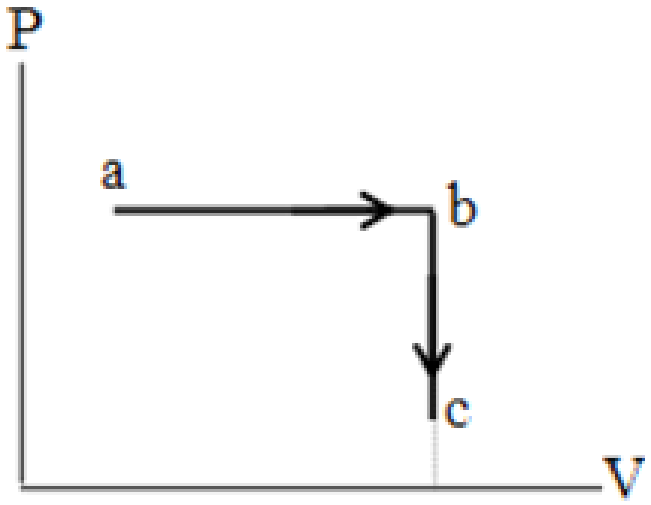


پاسخ

$$W' = \bullet J$$

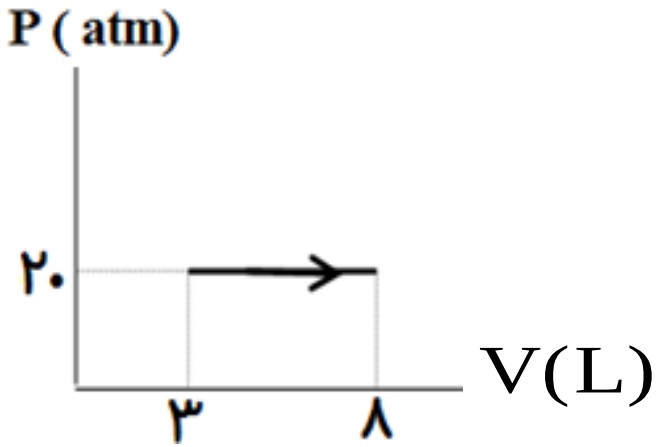
تمرین:

نمودارV –P برای گازکاملی داده شده است . نمودارT – PوT – Vرا رسم کنید.



تمرین:

نمودار P- V برای یک مول گاز کامل تک اتمی داده شده است کار انجام شده و تغییر انرژی درونی را برای این فرآیند حساب کنید. ($R \approx 8\ J/mol\,k$)



پاسخ

$W = -۱۰,۰۰۰J$

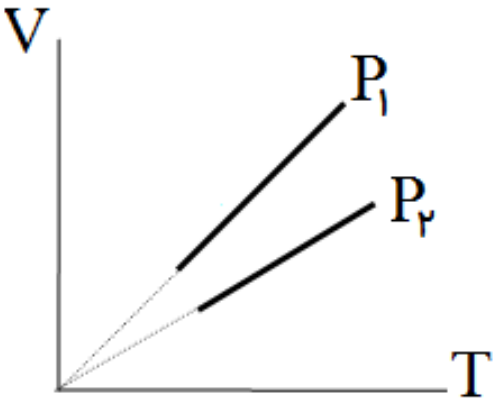
$Q = ۲۵,۰۰۰J$

$\Delta U = ۱۵,۰۰۰J$

تمرین:

حجم گازکاملی را یک بار در فشار ثابت P_1 و باردیگردر فشارثابت P_2 افزایش می دهیم، نمودار(V -T) این دو فرآیند مطابق شکل زیر است P_1و P_2را مقایسه کنید .

پاسخ



$P_2 > P_1$

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nR}{P}T$$

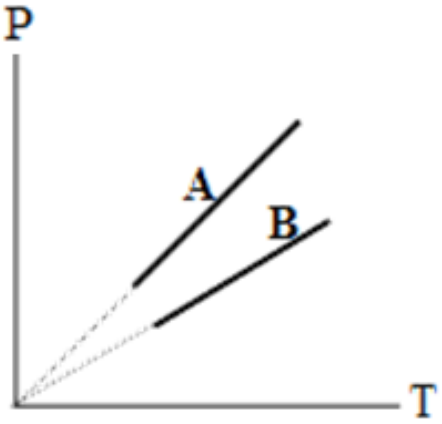
$$m = \frac{nR}{P}$$

$$m_1 > m_2 \rightarrow \frac{nR}{P_1} > \frac{nR}{P_2} \rightarrow \frac{1}{P_1} > \frac{1}{P_2} \rightarrow P_2 > P_1$$

شیب نمودار $V - T$ در فرآیند هم‌فشار با فشار گاز نسبت وارون دارد

تمرین:

نمودار(P–T) برای دوگاز کامل تک اتمی که تعدادمول‌هایشان برابراست داده شده است، حجم کدام گازبیشتراست



پاسخ

$V_B \rangle V_A$

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{nR}{V}T$$

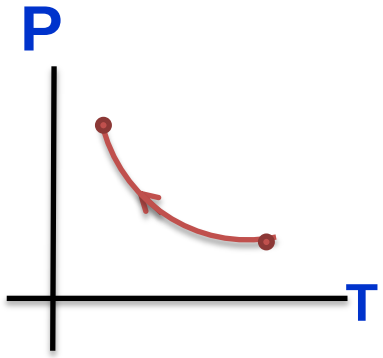
$$m = \frac{nR}{V}$$

$$m_A \rangle m_B \Rightarrow \frac{nR}{V_A} \rangle \frac{nR}{V_B} \Rightarrow \frac{1}{V_A} \rangle \frac{1}{V_B} \Rightarrow V_B \rangle V_A$$

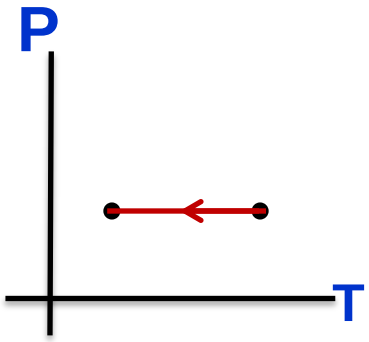
شیب نمودار $P - T$ در فرآیند هم حجم با حجم گاز نسبت وارون دارد.

پرسش:

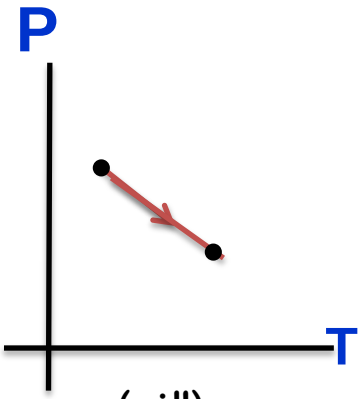
در فرآیندهای زیر ، حجم گاز چگونه تغییر می کند.



(ج)



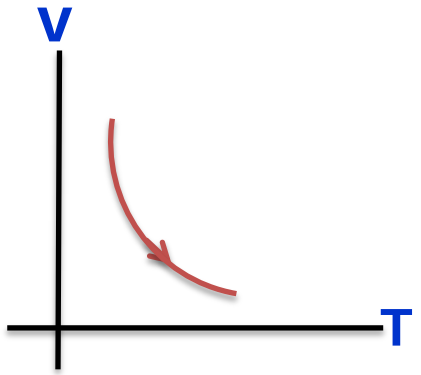
(ب)



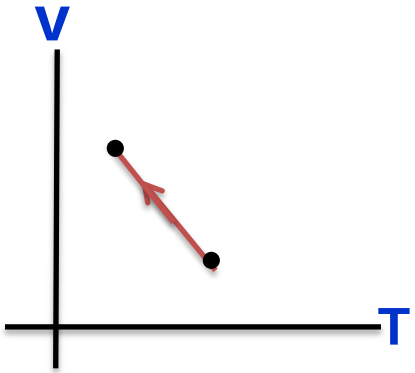
(الف)

پرسش:

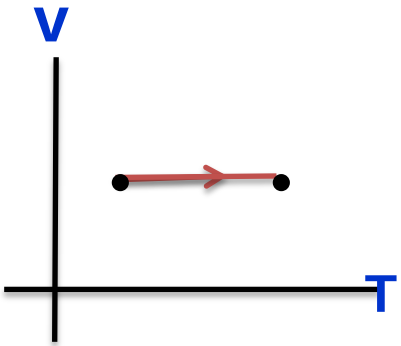
در فرآیندهای زیر ، فشار گاز چگونه تغییر می کند.



(الف)



(ب)



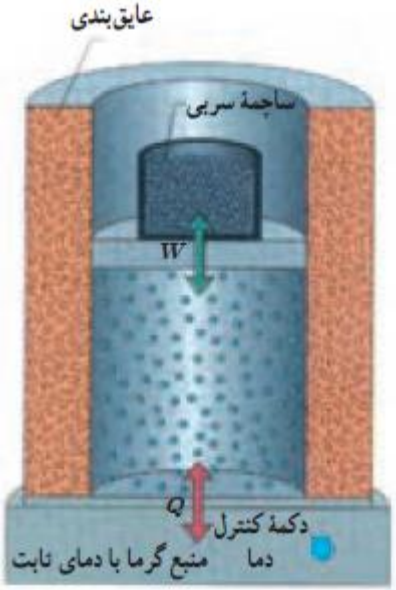
(ج)

موضوع :فرایندهم دما وبی دررو

پرسش:

استوانه ای درتماس بامنبع گرمایی با دمای ثابت قراردارد.با افزودن تدریجی گلوله های سربی، کدامیک ازمتغیرهای ترمودینامیکی تغییرمی کندونوع فرایند چیست؟

پاسخ



اضافه کردن گلوله های سربی باعث افزایش فشار P↑ روی پیستون شده،در نتیجه گاز متراکم(حجم کم V↓)ودچار افزایش دما می شود که با دادن گرما به منبع دوباره به دمای اولیه می رسد.نوع فرآیند: تراکم هم دما است.

فرآیند هم دما

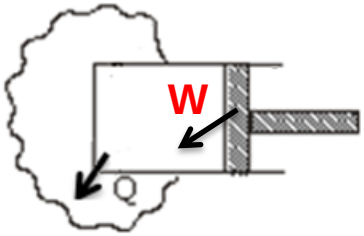
دمای دستگاه درحین این فرآیند ثابت می‌ماند.

در فرآیند هم دما با وجود ثابت ماندن دما ، بین محیط و دستگاه گرما مبادله می شود .

برای گاز آرمانی که انرژی درونی آن فقط تابعی ازدماست،تغییرانرژی درونی صفر است

$$\Delta U = Q + W \rightarrow Q = -W \xrightarrow[\text{در تراکم}]{W\rangle 0} Q\langle 0$$

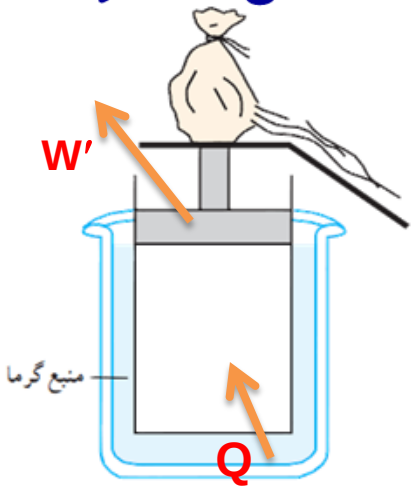
درتراکم هم دما،گازگرما ازدست می دهد



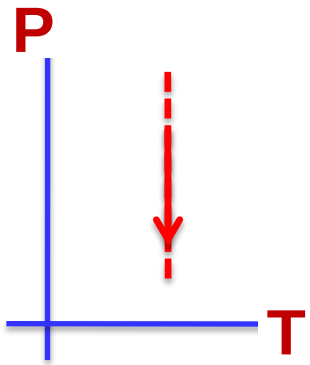
منبع گرما با دمای ثابت

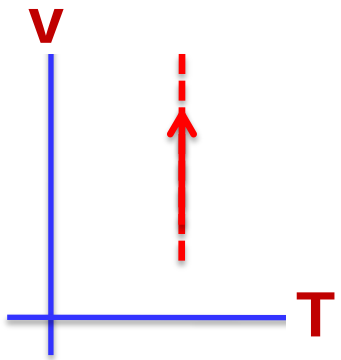
تمرین ۵-۴:

مشابه آنچه که برای تراکم هم دما شرح دادیم،انبساط هم دمای گازکامل را شرح دهیدو علامت های Q و W را برای چنین فرایندی تعیین و نمودارهای P- T و V - T را برای آن رسم کنید.



پاسخ:



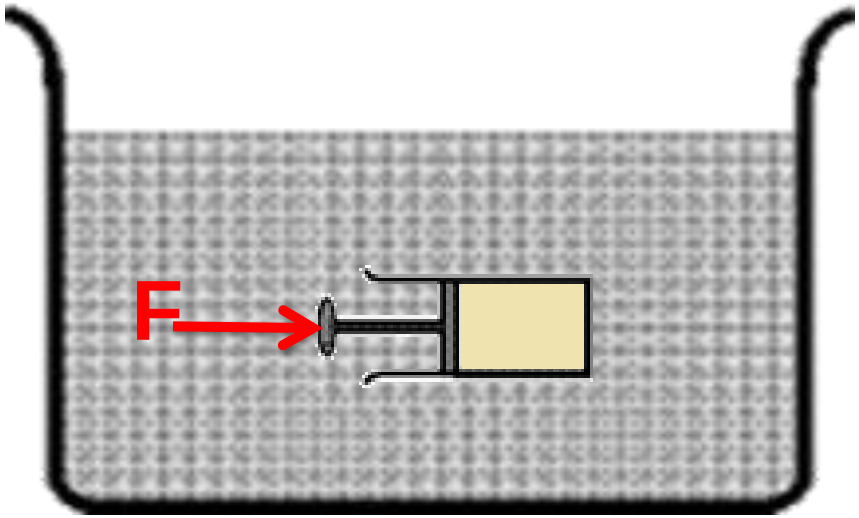


استوانه ای که پیستون آن آزادانه حرکت می کندراطوری درمقداری آب گرم قرارمی دهیم که پیستون بتواند عمودی جابه جا شود.کیسه را سوراخ می کنیم تاشن آن به آرامی خارج شود.با کاهش وزن روی پیستون ،گاز منبسط و دچار افت دما می شود که با گرفتن گرما از منبع دوباره به دمای اولیه می رسد

$\Delta U \overset{0}{=} Q + W \rightarrow Q = -W \xrightarrow{W<0} Q>0$ گازمنبسط و دچار افت دما می شود

فعالیت۵-۲:

انتهای یک سرنگ حاوی هو ا را مسدود وآن را واردحجم بزرگی از آب کنید. پس از مدتی، پیستون سرنگ را به آرامی بفشارید. هوای درون سرنگ چه فرایندی را طی می کند؟



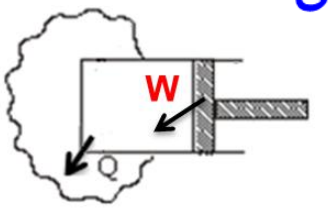
پاسخ:

تراکم هم دما

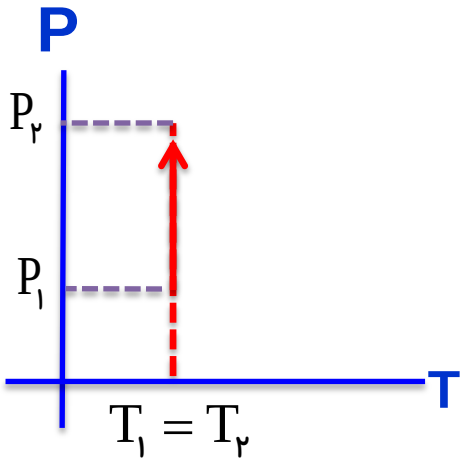
با فشردن کُندوآرام پیستون،فشارهوای درون سرنگ افزایش وحجم آن کاهش می یابد. درهرمرحلهٔکوچک این فرایند،دما درابتدا کمی زیاد می شود،ولی این افزایش دما با دادن گرما به آب جبران می شود تا اینکه هوا دوباره با آب هم دما شود.در فرایند هم دما، گاز با محیط تبادل گرما می کند بی آنکه دمایش تغییر کند.

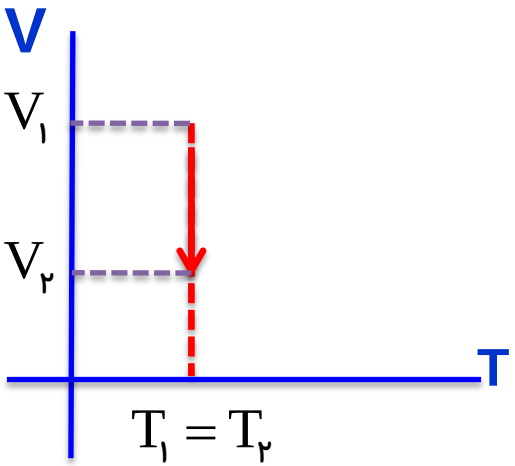
رسم نمودارهای فرآیند هم دما : (تراکم)

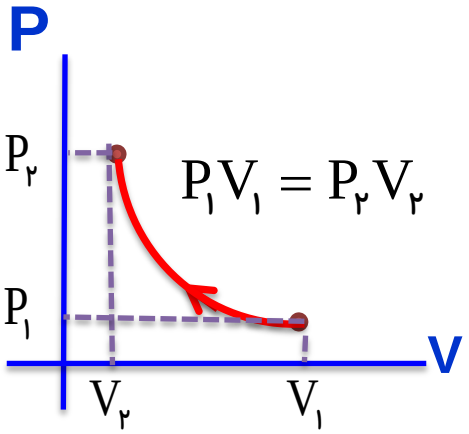
در یک فرآیندهم دما ، با انجام کار W ، دستگاه گرمای Q را ازدست می دهد.



منبع گرما با دمای ثابت





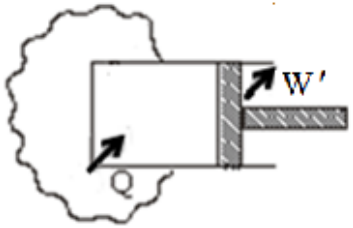


$$PV=nRT \Rightarrow P=\frac{nRT}{V} \Rightarrow P \propto \frac{1}{V}$$

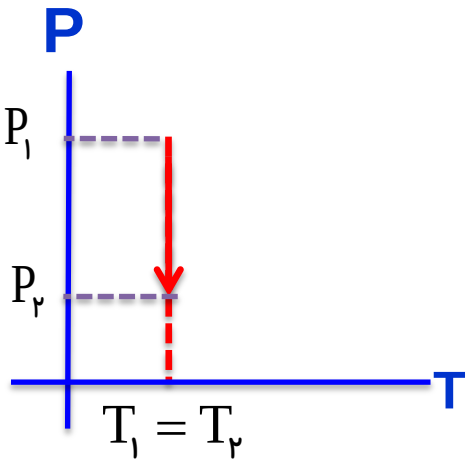
مقداری ثابت $= (nRT)$

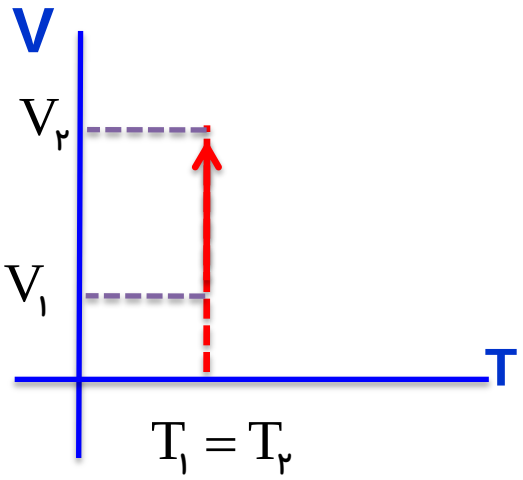
رسم نمودارهای فرآیندهم دما : (انبساط)

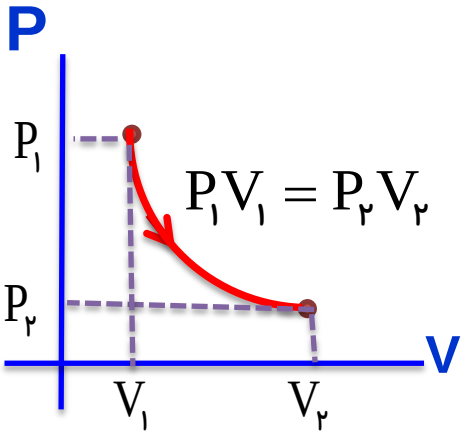
دریک فرآیندهم دما،اگر گازگرمای Q را بگیرد کار W′ راروی محیط انجام می دهد



منبع گرما با دمای ثابت

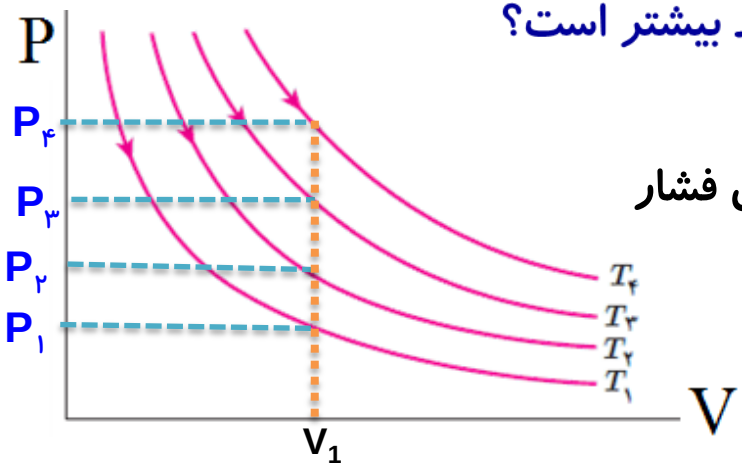






تمرین ۵-۵:

در شکل روبه رو، نمودار P-V مربوط به انبساط هم دمای یک گاز آرمانی در دماهای مختلف رسم شده است.
الف)نشان دهید: $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$ (راهنمایی:خطی عمودبرمحور V یا عمودبرمحور P رسم کنید، به گونه ای که هرچهارنموداررا قطع کندوسپس قانون گازهای آرمانی را برای نقطه های برخوردبا منحنی ها به کاربندید)
ب)دریک تغییرحجم معین، اندازه کار انجام شده درکدام فرایند بیشتر است؟



پاسخ:

الف)ابتدا یک فرآیند هم حجم رسم می کنیم سپس از مقایسه ی فشار هرنمودار،دمای هرنموداررا مقایسه می کنیم

$$PV = nRT \rightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

$$P_4 > P_3 > P_2 > P_1 \rightarrow \frac{nRT_4}{V_4} > \frac{nRT_3}{V_3} > \frac{nRT_2}{V_2} > \frac{nRT_1}{V_1}$$

$$V_4 = V_3 = V_2 = V_1$$

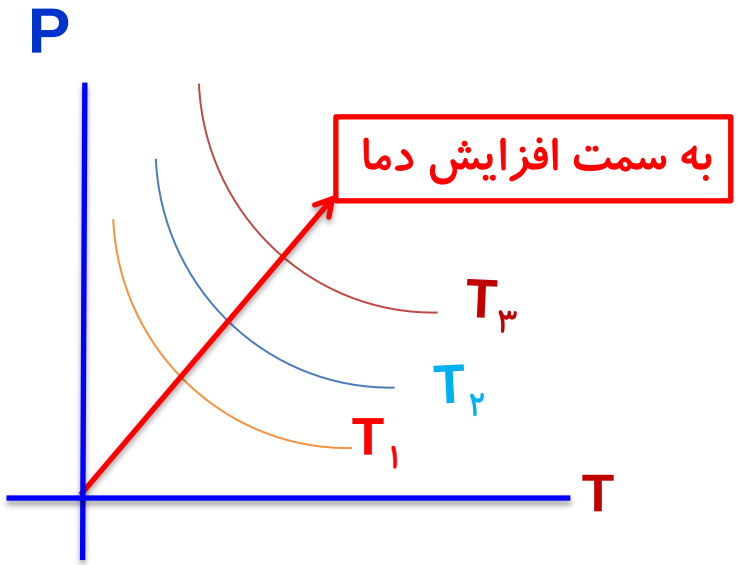
$$T_4 > T_3 > T_2 > T_1$$

ب) قدر مطلق کاربرابرمساحت زیر نمودار P-V است. چون مساحت زیر منحنی T_1 ازهمه کمترومساحت زیر منحنی T_4 از همه بیشتر است، بنابراین داریم:

$$|W_4| > |W_3| > |W_2| > |W_1|$$

نکته:

به طور کلی نمودارهای فرآیند هم دما به صورت زیر است.

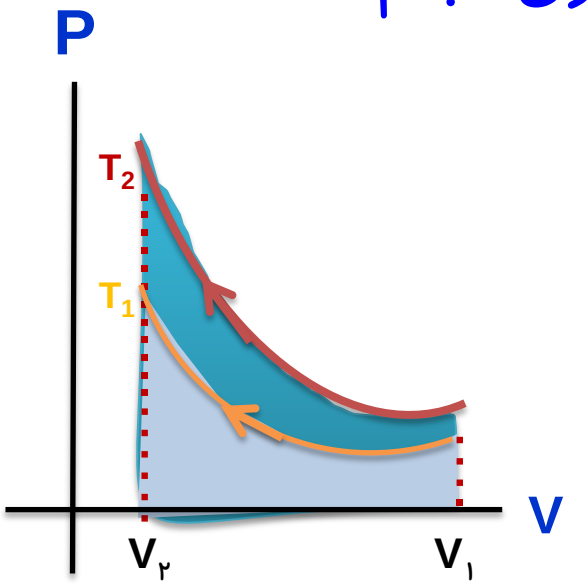


$$T_3 > T_2 > T_1$$

پرسش:

نشان دهید درفرآیند هم دما،هرچه دمای گاز بیش تر باشد، برای متراکم کردن آن تا یک اندازه ی معین باید کار بیشتری انجام داد.

پاسخ



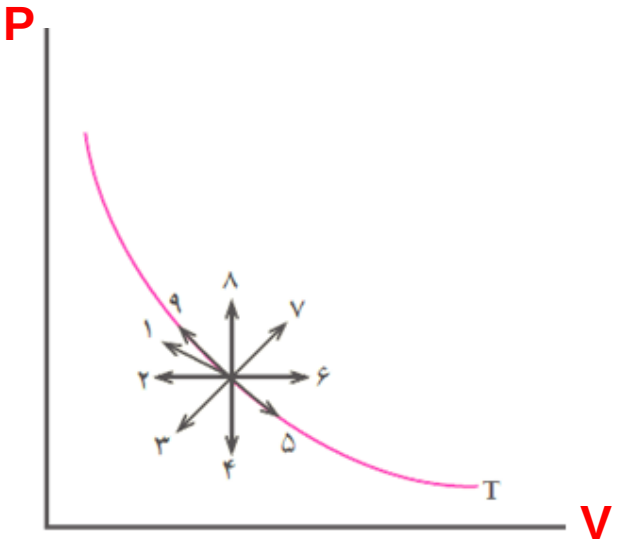
سطح زیر نمودارP-Vمعرف‌قدرمطلق کارانجام شده است وبا توجه به نمودارهای هم دما، دیدیم هرچه دما بالاتر باشد،نمودار هم بالاترقرارمی گیردوسطح زیرآن بیشتر است.

پرسش:

شکل زیرحالت اولیه ی گازی کامل ومنحنی هم دمای عبوری ازآن حالت را نشان می دهد.

الف)کدام یک از مسیرهای نشان داده شده به کاهش دمای گازمی انجامد؟

ب) در کدام مسیرها تغییر دما صفر است؟

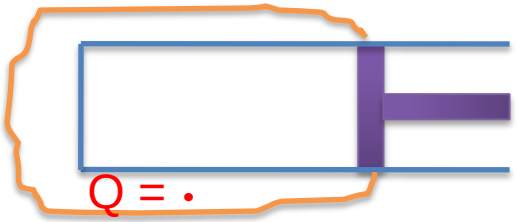


پاسخ

الف) مسیرهای ۱،۲،۳ و ۴

ب) ۵ و ۹

فرآیند بی‌دررو



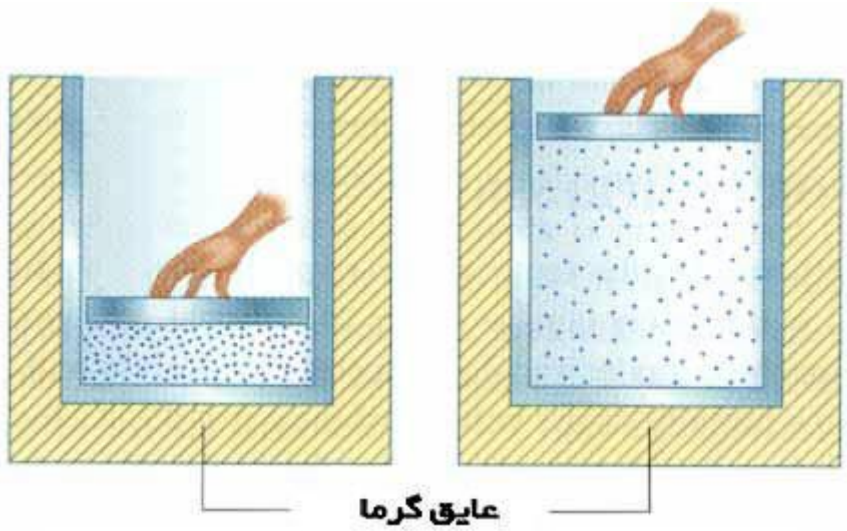
عایق بندی

دراین فرآیندبین دستگاه ومحیط گرما مبادله نمی شود

برای انجام فرآیند بی‌دررو

۱-بایددستگاه را عایق بندی کنیم و عمل تراکم یا انبساط را به آهستگی انجام دهیم.

۲-گاز چنان با سرعت متر‌کم یا منبسط شود که فرصت مبادله گرما با محیط را پیدا نکند. بنابراین در فرایند بی دررو $Q = ۰$ است

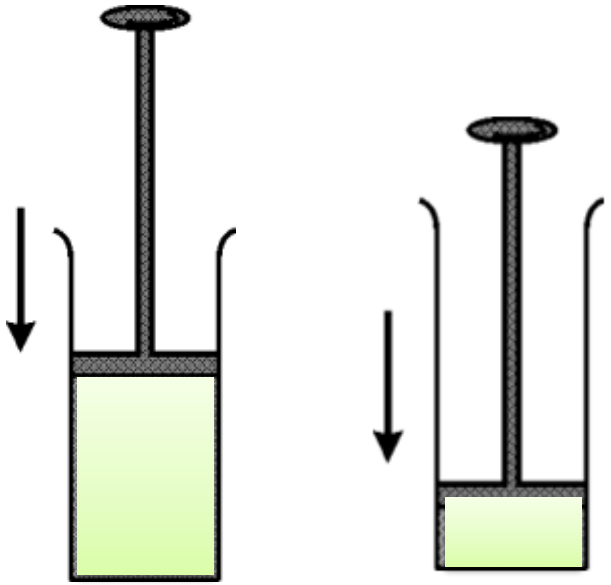


پرسش:

یک فرآیند بی‌دررو را نام ببرید؟

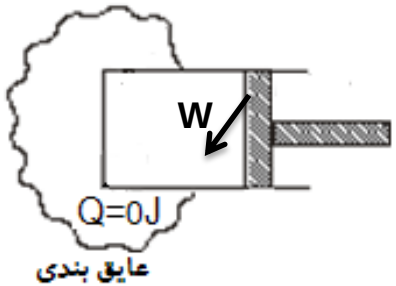
پاسخ

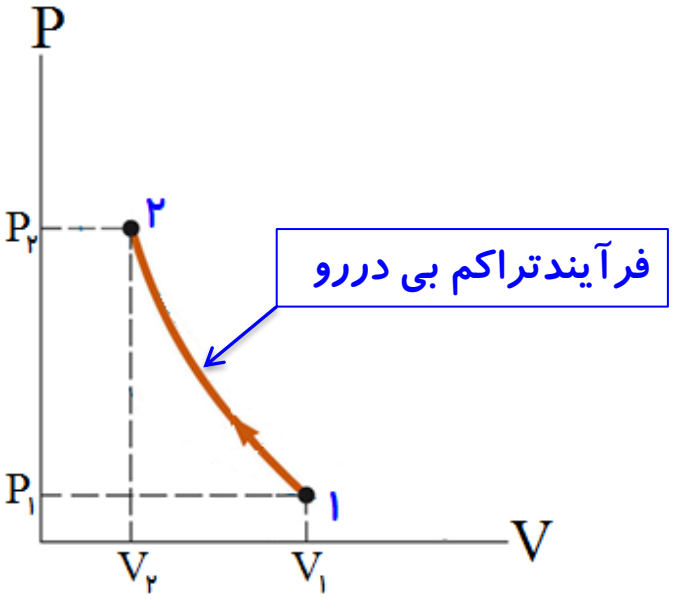
دهانه‌ی تلمبه‌ی دوچرخه مسدود شده است و پیستون به سرعت به پایین رانده می‌شود.



نکته:

درفرآیندتراکم بی دررو که با انجام کار W برروی گاز،حجم V آن کاهش پیدا کرده فشار و دما افزایش P T می‌یابند.

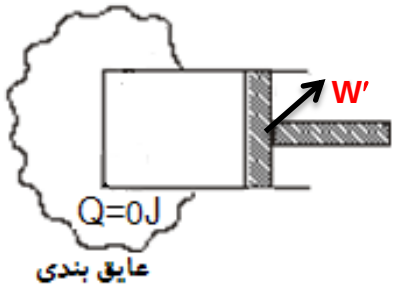


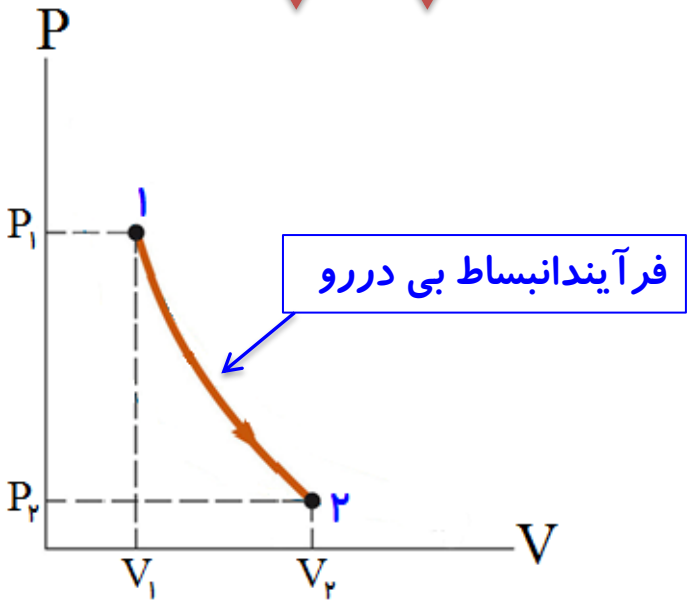


$$\Delta U = \overset{0}{\cancel{Q}} + W \Rightarrow W\rangle 0 \Rightarrow \Delta U\rangle 0 \Rightarrow \Delta T\rangle 0$$

نکته:

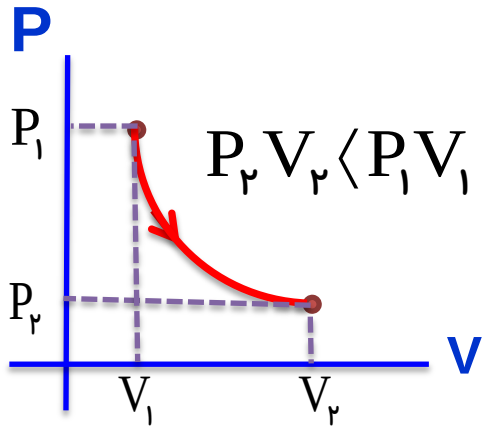
درفرآیند انبساط بی دررو که با انجام کار W برروی گاز، حجم آن افزایش $\uparrow V$ پیدا کرده فشار و دما کاهش $\downarrow P$ و $\downarrow T$ می‌یابند.



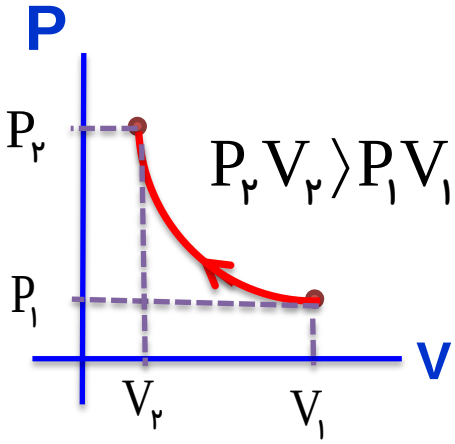


$$\Delta U = \overset{0}{\cancel{Q}} + W \Rightarrow W\langle 0 \Rightarrow \Delta U\langle 0 \Rightarrow \Delta T\langle 0$$

نمودار فرآیند بی دررو



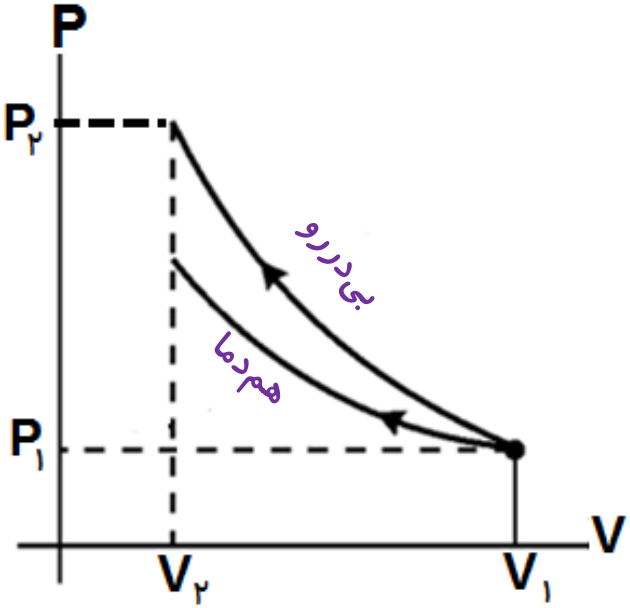
انبساط بی دررو



تراکم بی دررو

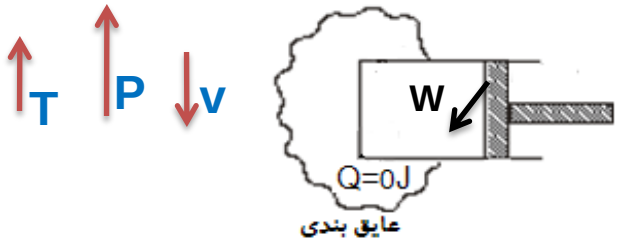
مقایسه تراکم بی‌دررو و هم‌دما

در تراکم گاز ، فشار و دمای گاز افزایش می یابد.در فرآیند هم‌دما، برای ثابت نگه‌داشتن دمای گاز باید ازآن گرما گرفت ولی در فرآیند بی‌دررو، ازگازگرما گرفته نمی‌شود و از این رو درانتهای مسیر، فشار و دمای گازدرفرآیند بی‌دررو بیش از فرآیند هم‌دما است.



تراکم هم‌دما

تراکم بی‌دررو

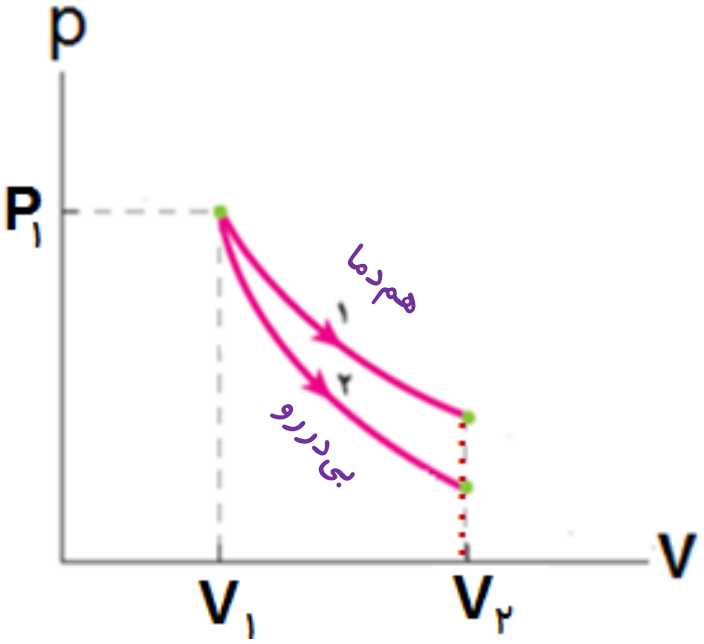


نکته:

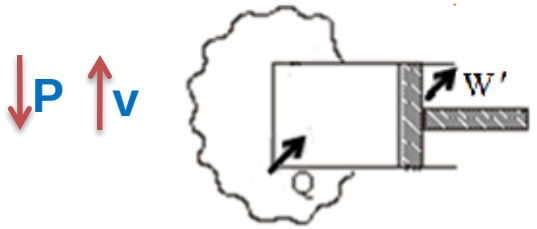
شیب نمودار درفرایندبی دررو بیشتر از شیب نمودار هم دما است. $\Delta P_{\text{بی دررو}} \rangle \Delta P_{\text{هم دما}}$

مقایسه انبساط بی‌دررو و هم‌دما

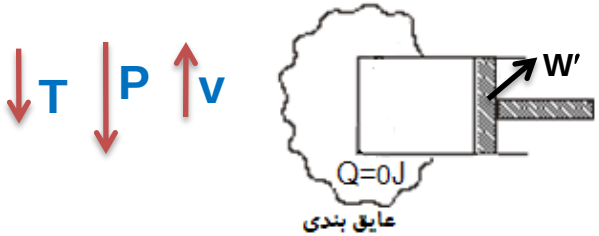
در انبساط گازها،فشارودمای گازکاهش می‌یابد.درفرآیندهم‌دمابرای ثابت نگه داشتن دما بایدبه گاز،گرما دهیم.ولی چون درانبساط بی‌دررو،گازهیچ‌گونه گرمایی دریافت نمی‌کند، درانتهای مسیر، فشار و دمای گاز در فرآیند بی‌دررو پایین تر از فشار و دمای گاز در فرآیندهم‌دما خواهد بود.



انبساط هم‌دما



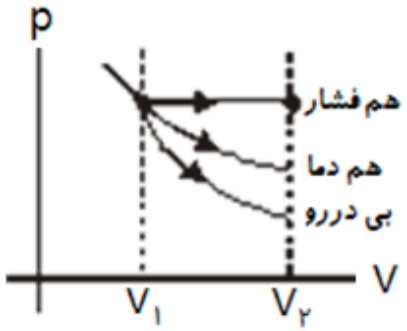
انبساط بی‌دررو



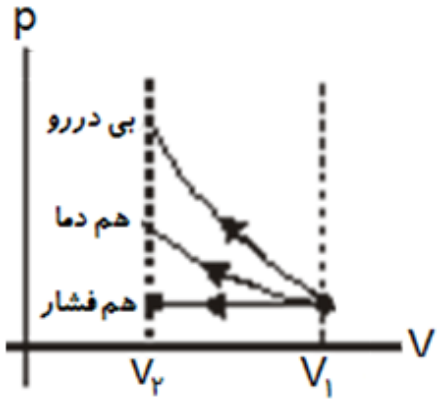
نکته:

$$|\Delta P|_{\text{هم دما}} > |\Delta P|_{\text{بی دررو}}$$

مقایسه کار انجام شده روی دستگاه درسه فرآیندهم فشار،هم دماوبی‌دررو



درانبساط یکسان قدر مطلق کار انجام شده روی دستگاه در فرآیند هم فشار از بقیه فرآیندها بیشتر و قدر مطلق تغییرات فشارو دما درفرآیندبی دررو ازبقیه بیشتر است.



در تراکم یکسان،مقدار کار انجام شده روی دستگاه ، در فرآیند بی‌دررو ازبقیه فرآیندها بیشترو فشارو دما نهایی گاز نیز در فرآیند بی‌دررو از بقیه فرآیندها بیشتر است .

فعالیت ۵-۳:

وقتی در یک نوشابهٔ گازدار خیلی سردرا سریع باز می کنیم،مشاهده می شودکه هالهٔ رقیقی در اطرافَ دهانهٔ نوشابه ایجاد می شود. این پدیده را توجیه کنید.

$$\Delta U = \overset{0}{\cancel{Q}} + W \Rightarrow W\langle 0 \Rightarrow \Delta U\langle 0 \Rightarrow \Delta T\langle 0$$

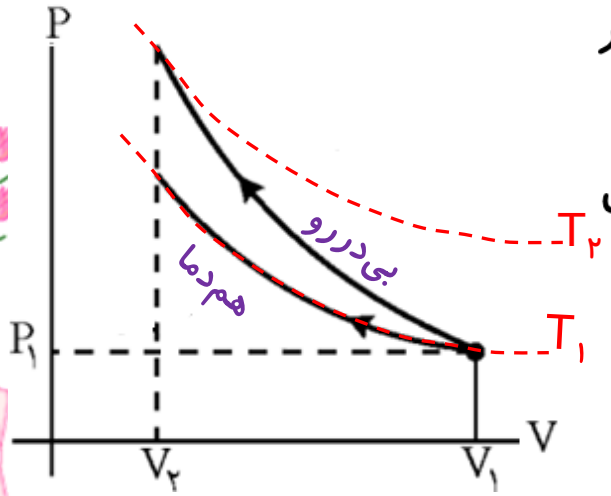
پاسخ:

وقتی درنوشابه بازمی شود،گازمحبوس چنان سریع منبسط می شودکه فرایندرامی توان تقریباً انبساط بی دررو درنظر گَرفت.بنابراین،تنهاراه انتقال انرژی ممکن برای انبساط گاز،ناشی ازتغییرانرژی درونی خودِ گاز است. بنابراین،باکاهش انرژی درونی گاز وسردترشدن آن،بخارآب موجوددرگازِ در حال انبساط به صورت قطرات آب(هالهٔرقیقی)درآید.(درصورتی که دمای مایع نزدیک نقطه انجمادباشدفشارزیادداخل نوشابه بعدازبازشدن درنوشابه ناگهان تافشارجوکاهش می یابدواین به بالا رفتن نقطهٔانجمادمایع می انجامد. مایع که دمای آن اکنون زیر نقطهٔ انجمادجدیدقرار دارد، شروع به یخ زدن می کند.)

تمرین ۵-۶:

گازطی دو فرایندهم دما و بی دررو که ازحجم وفشاریکسانی شروع می شوند، به حجم یکسانی تراکم یابد،نمودارهای این دو فرایندرا دریک صفحه P-V رسم و با هم مقایسه کنید.در کدام فرایند مقدار کار بیشتر است؟

پاسخ:



ابتدا دومنحنی هم دما T_1 و T_2 را رسم می کنیم.درتراکم هم دما،دما تغییر نمی کندبنابراین دمای گازدرمسیر(T_1)ثابت باقی می ماند.ولی درتراکم بی دررو،چون دمای گاز افزایش می یابد گازازمسیر(T_1)خارج وبه دمایی بالاتر در مسیر(T_2)می رود

چون سطح زیرنمودارمربوط به تراکم بی دررو بیشتر است،Wبرای این فرایند مقدار بیشتری دارد

پرسش۵-۲:

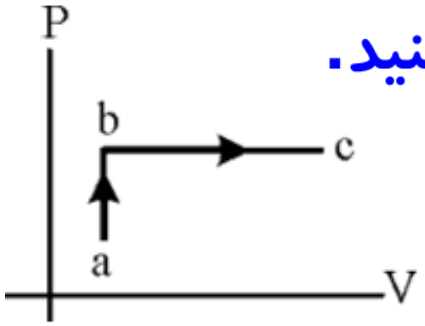
سرنگ آتش زنه استوانهٔ کوچکی است مجهز به پیستونی که کاملاً بر سطح داخلی استوانه منطبق است. در فضای محبوس داخل سرنگ، فقط هوا و تکهٔکوچکی از پنبه قرار دارد. با راندن سریع پیستون به داخل،وتراکم بی درروی هوای محبوس، تکهٔ پنبه مشتعل می شود (معمولاً از کاغذ نیتروسلولز در این آزمایش استفاده می شود که نقطهٔ اشتعال بسیار پایینی دارد)چرا پنبه در این فرایند آتش می گیرد؟

پاسخ:

می دانیم درتراکمی بی دررو دمای هوا افزایش می یابدبنابراین اگرتراکم سرنگ سریع ومقدارآن زیاد باشد دمای هوای داخل سرنگ به حدی افزایش می یابدکه باعث اشتعال کاغذ درون سرنگ می شود.(چون نقطهٔ اشتعال کاغذ نیتروسلولز بسیارپایین است،با اندک افزایش دمایی مشتعل می شود)

تمرین:

نمودارP-Vبرای مقدار معینی ازیک گازکامل به‌صورت شکل مقابل است نمودارهایV-TوP-Tرا برای مسیرهایabو bcرسم کنید.



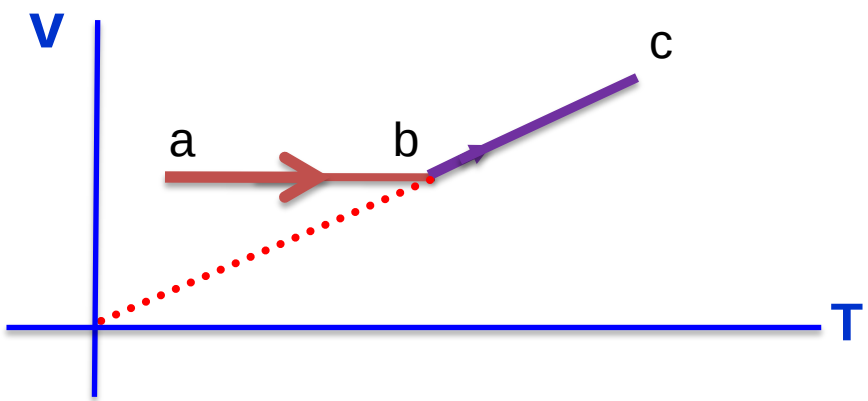
پاسخ

نمودار: V-T

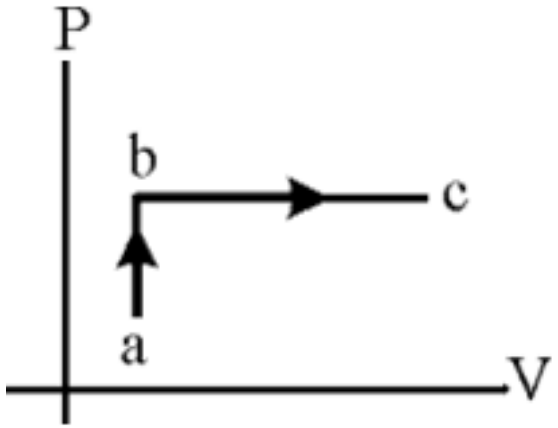
در فرآیند abحجم ثابت بوده و فشار افزایش یافته است . از این‌جا معلوم می‌شود که دمای گاز افزایش یافته است

در فرآیند bc، گاز با فشار ثابت افزایش حجم داشته است . با توجه به رابطه‌ی $PV=nRT$ **،** $V=(\frac{nR}{P})T$ **و ،**

امتداد نمودارbc باید از مبدأ مختصات بگذرد. $V \propto T$



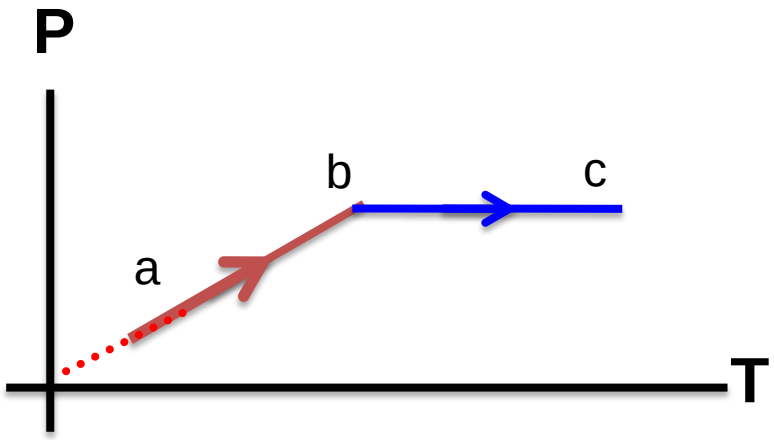
نمودار P-T:



در فرآیند ab ، V ثابت است و داریم:

$$PV = nRT \Rightarrow P = (\frac{nR}{V})T \Rightarrow P \propto T$$

چون فشار افزایش یافته بنابراین دما نیزافزایش یافته است.درفرآیندbc فشار ثابت مانده است وحجم افزایش یافته است ، بنابراین دمای گاز نیز افزایش یافته است.



نکته:

تغییر انرژی درونی دستگاه به .....نوع فرآیندها..... بستگی ندارد.

تغییر انرژی درونی دستگاه(ΔU) با جرم ثابت فقط بستگی به.....تغییر دمای مطلق..... (ΔT) دستگاه دارد

$$\Delta U \propto \Delta T$$

برای گازتک اتمی

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T = \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)$$

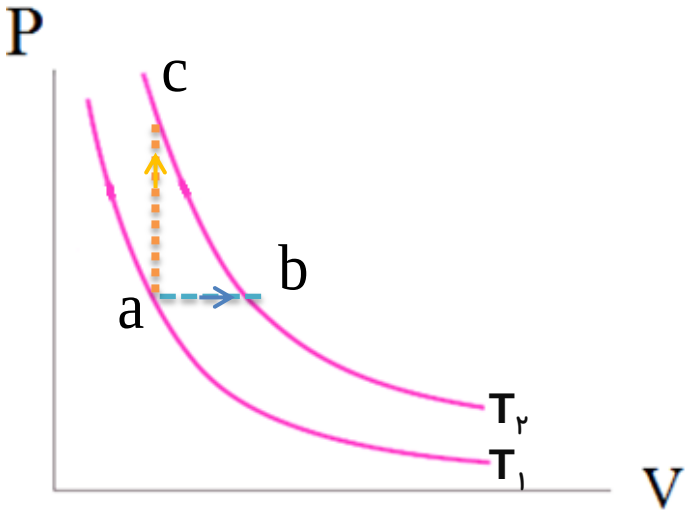
برای گازدو اتمی

$$\Delta U = \frac{5}{2} nR\Delta T = \frac{5}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)$$

تمرین:

با استفاده از فرایندهای هم حجم و هم فشار نشان دهید $C_P - C_V = R$

پاسخ



$$\Delta T_{ab} = \Delta T_{ac} \Rightarrow \Delta U_{ab} = \Delta U_{ac} \Rightarrow Q_{ab} + W_{ab} = Q_{ac} + \cancel{W_{ac}}^{\,0} \Rightarrow nC_p\Delta T - P\Delta V = nC_v\Delta T$$

$$P\Delta V = nR\Delta T$$

$$\cancel{nC_p\Delta T} - \cancel{nR\Delta T} = \cancel{nC_v\Delta T} \Rightarrow C_p - R = C_v \Rightarrow C_p - C_v = R$$

تمرین:

مقدارمعینی ازیک گازکامل دریک فرآیندبی‌دررو ۱۰۰ژول کارانجام می‌دهد تغییر انرژی درونی گازچندژول است؟

پاسخ

$$\begin{cases} Q = 0J \\ W' = 100J \Rightarrow W = -100J \\ \Delta U = ? \end{cases}$$

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow \Delta U = 0 - 100 = -100J$$

$$\Delta U = -100J$$

تمرین:

دریک فرآیندهم‌دما،حجم مقدار معینی از یک گاز کامل از V_1 به V_2 می‌رسد.
تغییر انرژی درونی گاز برابر با چه مقداری است؟

پاسخ

تغییرات انرژی درونی یک دستگاه فقط تابع تغییر دمای مطلق دستگاه است . در این‌جا چون $\Delta T=0$ ، بنابراین $\Delta U=0$

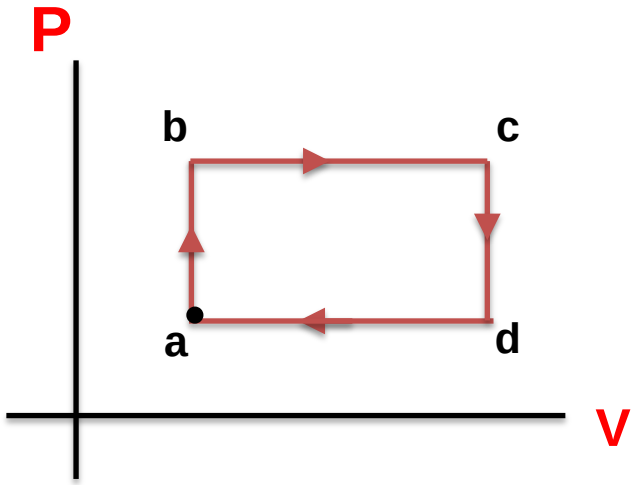
موضوع :چرخه ترمودینامیکی

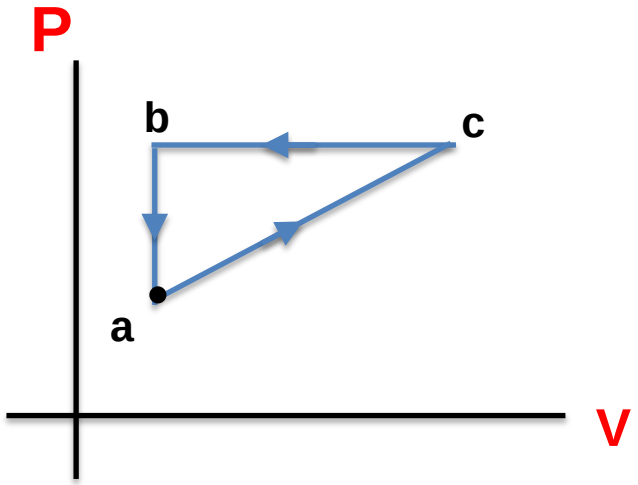
چرخه ترمودینامیکی

مجموعهٔ چند فرایند مختلف که دستگاه پس از طی کردن فرایندها به حالت اولیه خود باز می گردد.

مشخصه اصلی یک چرخه:

بی‌تغییر ماندن انرژی درونی کل درآن است.($\Delta T=0$) $\Delta U = 0\ J$





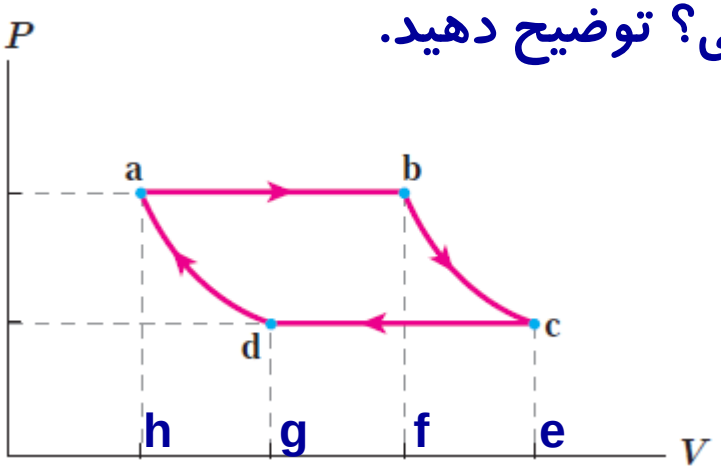
فعالیت۵-۴:

شکل روبه رو یک چرخهٔترمودینامیکی فرضی را نشان می دهد.

الف)کار انجام شده روی دستگاه در هر فرایند را برحسب سطح زیر نمودارآن بیان کنید.

ب)نشان دهید مقدار کار کل انجام شده روی دستگاه برابربامساحت داخل چرخه است.

پ)کار کل انجا م شده روی دستگاه مثبت است یا منفی؟ توضیح دهید.



پاسخ:

الف)

$$|W_{ab}| = S_{abfh} \xrightarrow{\text{انبساط}} W_{ab} = -S_{abfh}$$

$$|W_{bc}| = S_{bcef} \xrightarrow{\text{انبساط}} W_{bc} = -S_{bcef}$$

$$|W_{cd}| = S_{cdge} \xrightarrow{\text{تراکم}} W_{cd} = +S_{cdge}$$

$$|W_{da}| = S_{dahg} \xrightarrow{\text{تراکم}} W_{da} = +S_{dahg}$$

ب)کار انجام شده در چرخه برابر جمع جبری کارهای انجام شده در هر چهار فرایند است.

$$W_T = W_{ab} + W_{bc} + W_{cd} + W_{da} = -S_{abfh} - S_{bcef} + S_{cdge} + S_{dahg} = -S_{abceha} + S_{cdahec} = -S_{abcd} = -S_{\text{چرخه}}$$

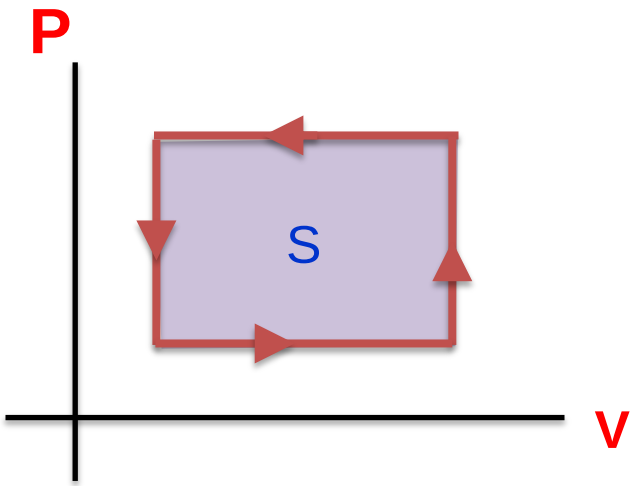
پ)چون مساحت زیرنمودار درفرایندانبساط بزرگترازمساحت نمودارردرفرایندتراکم است بنابر این کار کلّ انجام شده روی دستگاه در این چرخه، منفی است. $W_T = -S_{\text{چرخه}}$

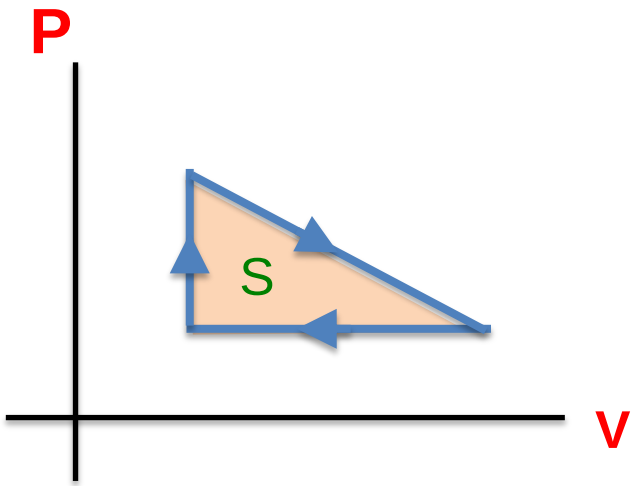
قدر مطلق کار انجام شده درچرخه:

برابر سطح محصور بین فرآیندهاست. $|W| = S_{\text{داخلی چرخه}}$

گرمای مبادله شده درچرخه:

$$\Delta U_{(\text{چرخه})} = 0 \rightarrow Q_{\text{چرخه}} + W_{\text{چرخه}} = 0 \rightarrow Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}}$$

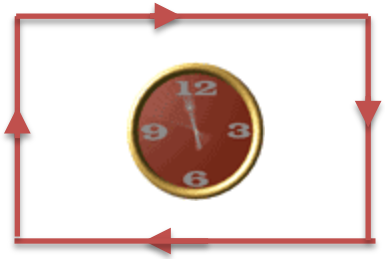




نکته:

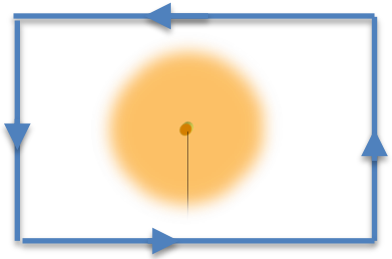
اگرجهت چرخه ساعتگرد باشد،لذا کل کار انجام شده روی دستگاه درچرخه منفی و در کل چرخه،گازگرما دریافت می‌کند یعنی :

$$W_{\text{چرخه}} < 0 \xrightarrow{Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}}} Q_{\text{چرخه}} > 0$$



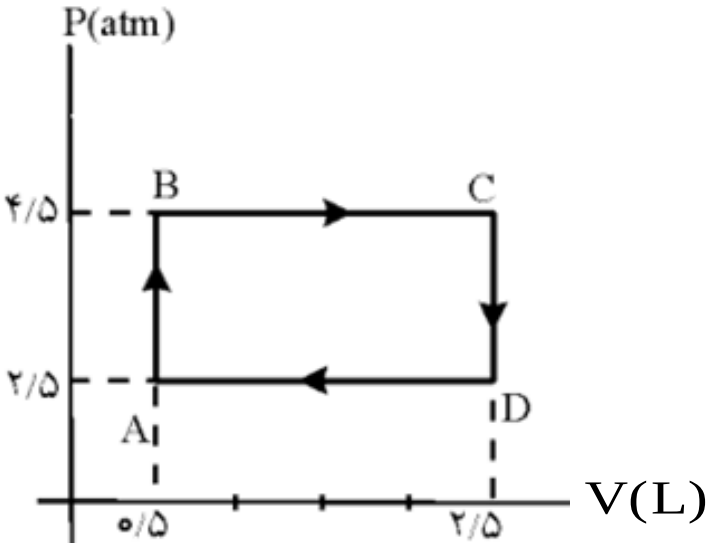
اگرجهت چرخه پادساعتگردباشد،کل کار انجام شده روی دستگاه درچرخه مثبت و درکل چرخه،گازگرما از دست می دهد یعنی :

$$W_{\text{چرخه}} > 0 \xrightarrow{Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}}} Q_{\text{چرخه}} < 0$$



تمرین:

درشکل زیر،یک مول گازکامل تک اتمی چرخه‌ای را طی می‌کند.کارانجام شده برروی دستگاه وگرمایی که گاز درکل چرخه مبادله می کند.چقدراست

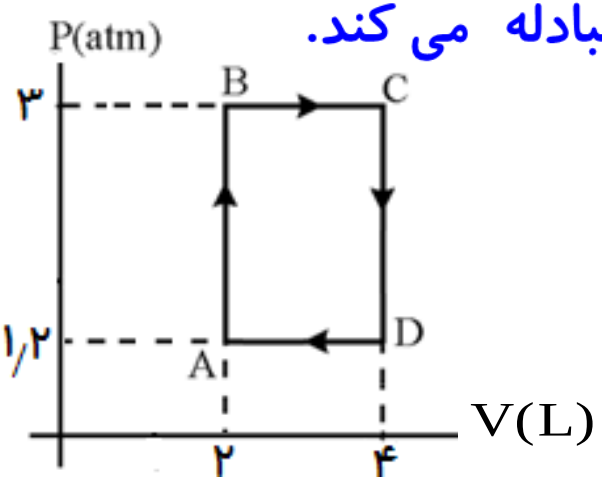


پاسخ

$$W_{\text{چرخه}} = -۴ \times ۱۰^{۲} J$$

تمرین:

برروی ۰/۲ مول ازیک گازکامل تک اتمی فرآیند های هم حجم و هم فشار مطابق شکل زیرانجام می شودمطلوبست : الف) کار انجام شده بر روی گاز در این چرخه ب) گرمایی که گازدر چرخه مبادله می کند.



پاسخ

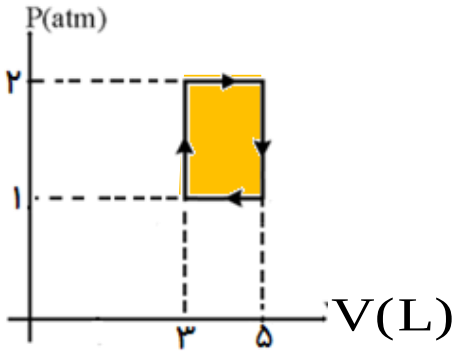
$$W_{\text{چرخه}} = -۳۶۰\,J$$

$$Q_{\text{چرخه}} = +۳۶۰\,J$$

تست:

درفرآیندشکل مقابل کل کار انجام شده روی دستگاه چند ژول است ؟

۱) ۲۰۰ ۲) -۲۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) -۴۰۰



پاسخ

چون چرخه ساعتگرد است لذا کار بر روی دستگاه منفی است، و اندازه کار برابر سطح محصور بین فرآیندها ، یعنی مساحت مستطیل است.

$$W=-S \Rightarrow W=-(۵-۳)\times ۱۰^{-۳}\times(۲-۱)\times ۱۰^{۵}=-۲\times ۱\times ۱۰^{۲}=-۲۰۰\,J$$

گزینه ۲ صحیح است.

خروج

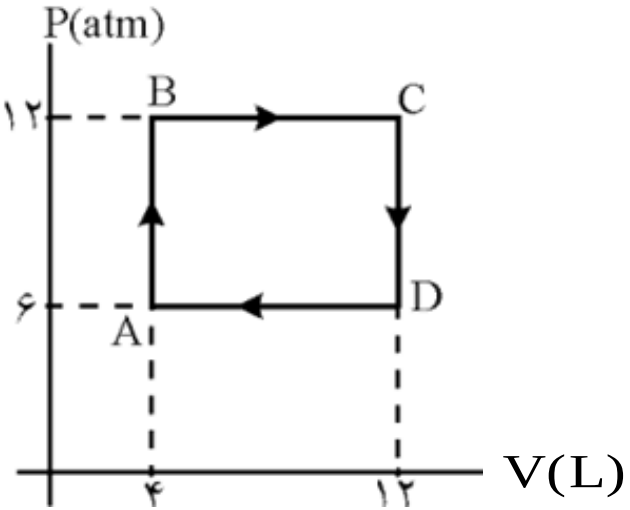
برگشت

تمرین:

یک مول گاز کامل تک‌اتمی ، چرخه‌ای را مطابق شکل زیر طی می‌کند، مطلوب است:

الف)دمای گاز در نقطه‌های A، B، C و D

ب)گرمای مبادله شده در مسیرهای AB و BC .



پاسخ

$T_A = ۳۰۰k$

$T_B = ۶۰۰k$

$T_C = ۱۸۰۰k$

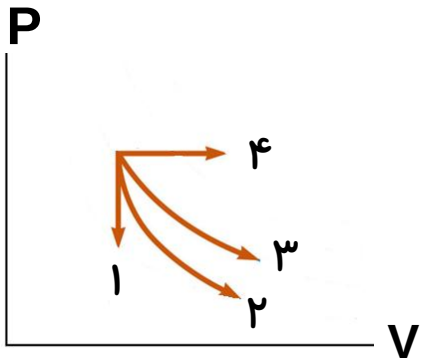
$T_D = ۹۰۰k$

$Q_{AB} = ۳۶۰۰J$

$Q_{BC} = ۲۴۰۰۰J$

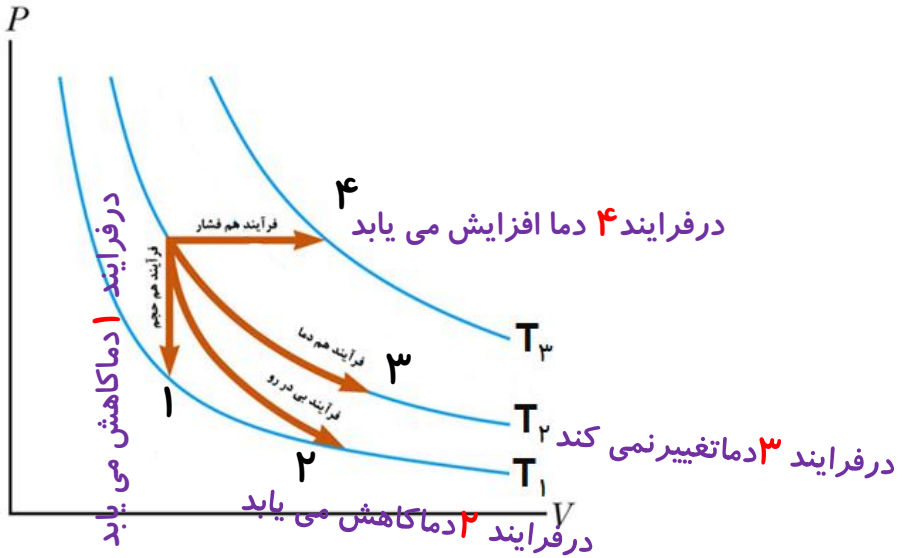
پرسش:

درچهارفرایند شکل زیر مشخص کنید.نوع فرایند ودمای کدام فرایند افزایش، کاهش یا ثابت می ماند.



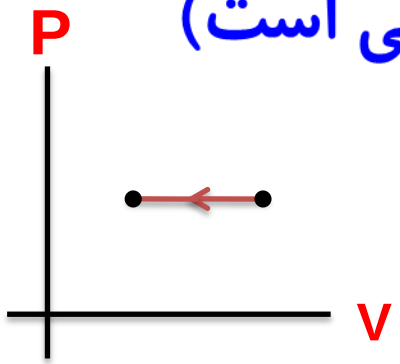
پاسخ

باتوجه به منحنی های هم دمامی توان فرآیندهای مختلف ترمودینامیکی رابایکدیگر مقایسه نمود.

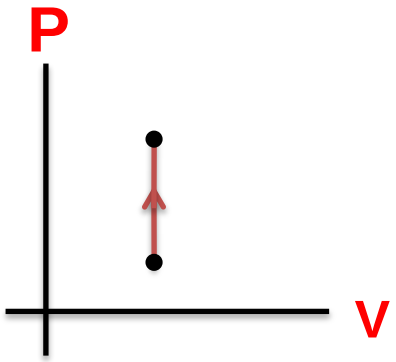


پرسش:

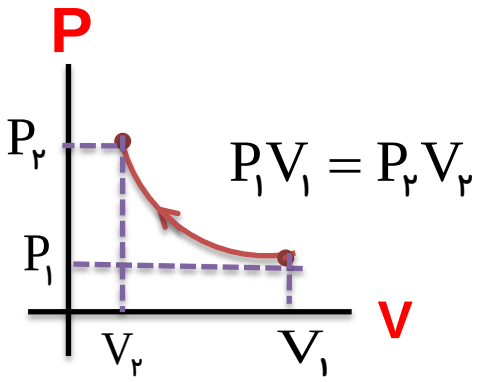
در فرآیندهای زیر، علامت ΔT ، ΔU ، Q و W را مشخص کنید (گاز تک اتمی است)



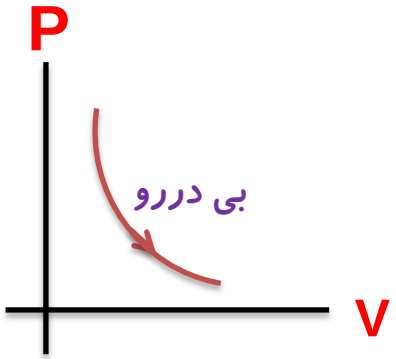
(الف)



(ب)

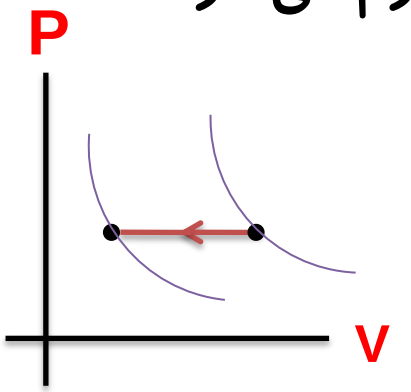


(ج)



(د)

با رسم منحنی های هم دما برای یک گاز تک اتمی معلوم می‌شود:



(الف)

۱) دما رو به کاهش است لذا : $\Delta T < 0$

۲) چون دما کاهش یافته لذا : $\Delta U < 0$

۳) با توجه به رابطه $Q_P = nC_P\Delta T$ لذا : $Q < 0$

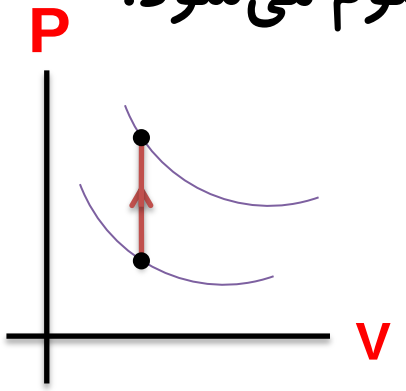
۴) چون فرآیند تراکم است لذا : $W > 0$

$$\Delta U = \frac{۳}{۲} nR\Delta T$$

$$Q_P = n.\ C_P.\Delta T$$

$$W = -P.\Delta V$$

با رسم منحنی های هم دما برای یک گاز تک اتمی معلوم می‌شود:



(ب)

۱) دما رو به افزایش است لذا : $\Delta T > 0$

۲) چون دما افزایش یافته لذا : $\Delta U > 0$

۳) با توجه به رابطه $Q_V = nC_V\Delta T$ لذا : $Q > 0$

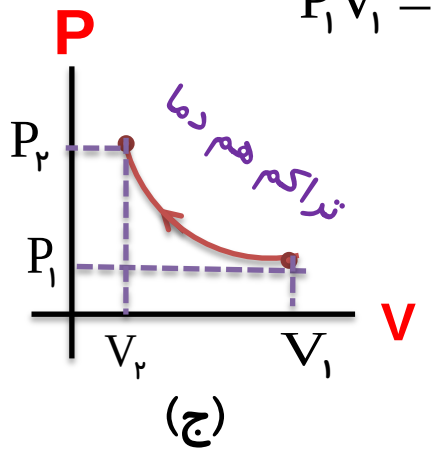
۴) چون فرآیند هم حجم است لذا : $W = 0$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

$$Q_V = n.\ C_V.\Delta T$$

$$W = -P.\Delta V \quad (\Delta V > 0)$$

منحنی رسم شده برمنحنی هم دما منطبق است: $P_1V_1 = P_2V_2$



(ج)

۱) دما ثابت است لذا : $\Delta T = 0$

۲) چون دما ثابت است لذا : $\Delta U = 0$

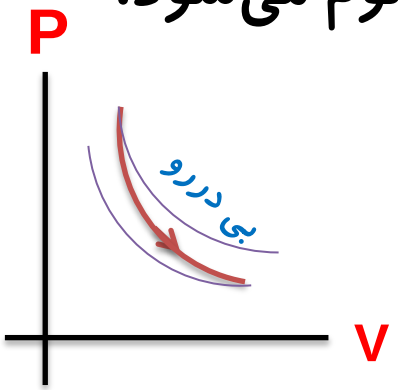
۳) چون فرآیند تراکم است لذا : $W > 0$

۴) در فرآیند هم دما $Q=-W$ لذا $Q < 0$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T \quad (\Delta T \neq 0)$$

$$Q = -W$$

با رسم منحنی های هم دما برای یک گاز تک اتمی معلوم می‌شود:



(د)

۱) چون دما رو به کاهش است لذا : $\Delta T < 0$

۲) چون دما کاهش یافته لذا : $\Delta U < 0$

۳) چون فرآیند انبساط است لذا : $W < 0$

۴) چون فرآیند بی‌دررو است لذا $Q = 0$

$$\Delta U = \frac{۳}{۲} nR\Delta T$$

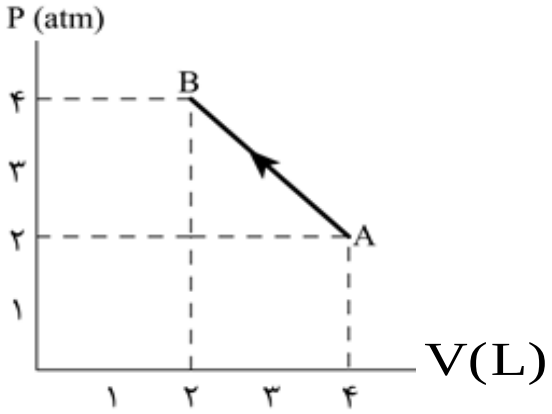
$$Q = ۰$$

$$W = -P.\Delta V$$

$$\Delta U = W$$

تست:

گاز کاملی طی یک فرآیندازحالت A به B می‌رود. دراین فرآیندنمای گاز چگونه تغییر کرده است؟



۱)ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

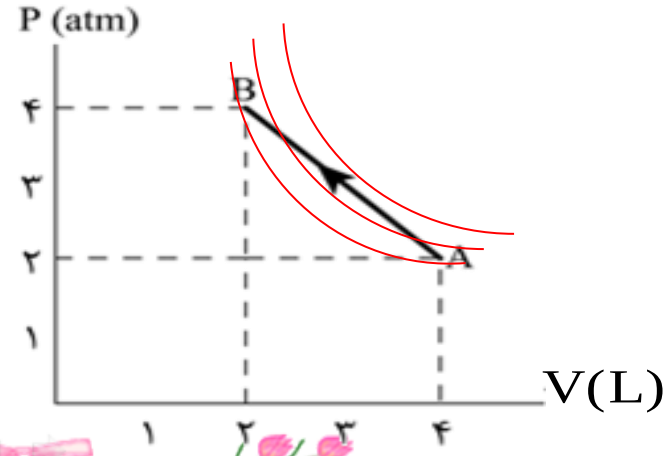
۲) دائماً کاهش می‌یابد.

۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۴) دائماً افزایش می‌یابد .

پاسخ

نمودار داده شده را به صورت زیر رسم کرده و منحنی‌های تک دمای آن را نشان می‌دهیم ملاحظه می‌گردد که ابتدا از A به سمت منحنی‌های تک دمای بالاتر و سپس به سمت منحنی‌های تک دمای پایین تر می‌رویم.

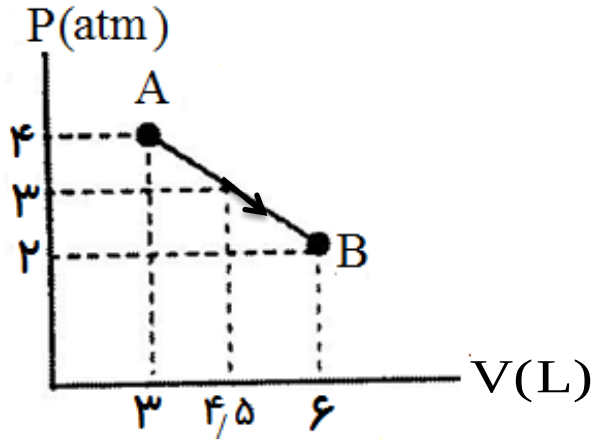


گزینه ۳ صحیح است.

برگشت
خروج

تست:

شکل زیرنمودارP-Vمربوط به یک مول گاز تک اتمی می باشدتغییرات دمای گازدر فرآیندAB ازنقطهA تانقطهB چگونه است؟



۱) همواره کاهش می‌یابد .

۲) ثابت می ماند.

۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

پاسخ

گزینه ۳ صحیح است.

خلاصه ای از قانون اول ترمودینامیک برای چهار حالت زیر:

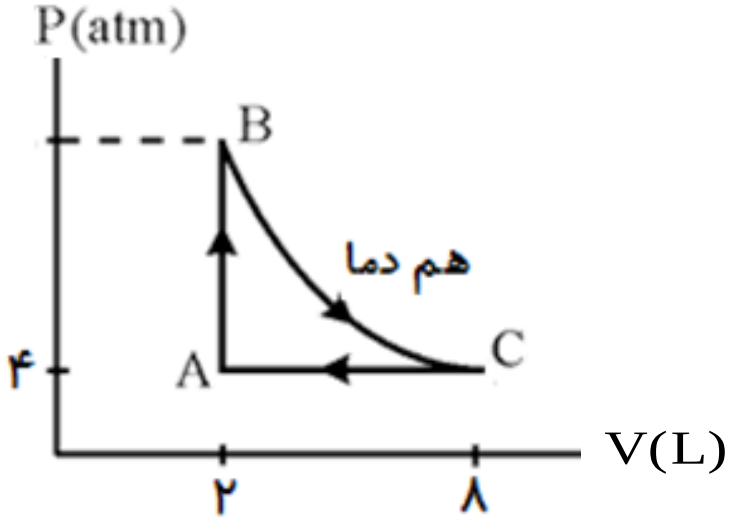
فرآیند هم حجم	W =	ΔU =
فرآیند بی دررو	Q =	ΔU =
فرآیند هم دما	ΔU=	Q =
چرخه	ΔU=	Q =

خلاصه ای از قانون اول ترمودینامیک برای چهار حالت زیر:

فرآیند هم حجم	$W = 0$	$\Delta U = Q$
فرآیند بی دررو	$Q = 0$	$\Delta U = W$
فرآیند هم دما	$\Delta U = 0$	$Q = -W$
چرخه	$\Delta U = 0$	$Q = -W$

تمرین:

یک مول گازکاملی که تک اتمی است چرخه‌ای مطابق شکل زیررا طی می‌کند. دمای گازدر ابتدای تحول هم دما(B) چنددرجه کلوین است؟($R \approx 8J/mol\,k$)



پاسخ

$T_B = ۴۰۰\ k$

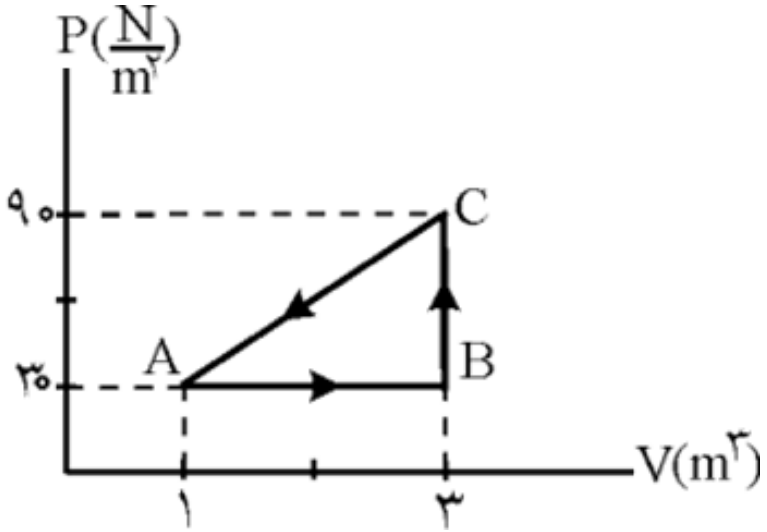
$$P_cV_c = nRT_c \Rightarrow T_c = \frac{P_cV_c}{nR} \Rightarrow T_c = \frac{۴\times۱۰^{۵}\times\cancel{۸}\times۱۰^{-۳}}{۱\times\cancel{۸}} = ۴۰۰\ K$$

$T_B = T_C$ روی منحنی هم دما قراردارند.

$$T_B = ۴۰۰\ K$$

تمرین:

مطابق شکل روبه‌رو،مقدار معینی ازیک گاز،چرخه‌یABCA را می‌پیماید.کار انجام شده بر روی گاز در این چرخه برابربا چه مقداری است؟ در این چرخه دستگاه گرما می‌گیرد یا گرما ازدست می‌دهد؟مقدار این گرمای گرفته شده یا ازدست داده شده چند ژول است؟



پاسخ

W=+ ۶۰J

Q =- ۶۰J

تست:

دریک فرآیندترمودینامیکی دستگاه ۲۰۰J کارانجام داده و۶۰۰J گرما جذب می‌کند. اگر انرژی درونی دستگاه درابتدا ۸۰۰J باشد،درپایان فرآیندانرژی درونی آن چندژول است؟

پاسخ

$$\begin{cases} W' = ۲۰۰J \Rightarrow W = -۲۰۰J \\ Q = ۶۰۰J \\ \Delta U = Q + W \Rightarrow \Delta U = -۲۰۰ + ۶۰۰ = ۴۰۰J \\ U_۱ = ۸۰۰J \\ U_۲ - U_۱ = ۴۰۰J \Rightarrow U_۲ - ۸۰۰ = ۴۰۰J \Rightarrow U_۲ = ۱۲۰۰J \\ U_۲ = ? \end{cases}$$

تست:

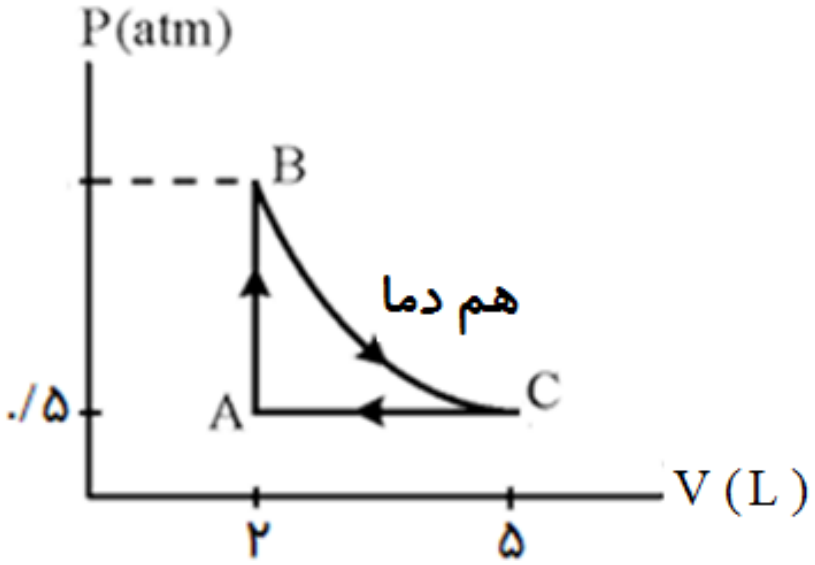
مطابق نمودار مقابل ، گاز کاملی یک چرخه را طی کرده است. اگر تغییر انرژی درونی دستگاه در فرآیند AB، ۲۰۰ ژول باشد،گرمای مبادله شده در فرآیند CA کدام است؟

۱) ۳۵۰ ژول گرما از دست داده است.

۲) ۳۵۰ ژول گرما دریافت می‌کند.

۳) ۵۰ ژول گرما از دست می‌دهد.

۴) ۵۰ ژول گرما دریافت می‌کند .

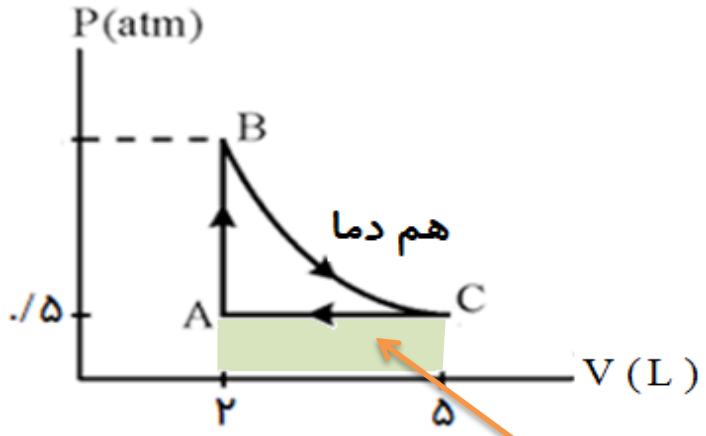


پاسخ

گزینه ۱ صحیح است.

پاسخ

گزینه ۱ صحیح است.



$$W_{CA} = S_{CA} = ./۵ \times ۳ \times ۱۰۰ = ۱۵۰J$$

$$\begin{cases} \Delta U_{\text{چرخه}} = ۰ \\ \Delta U_{BC} = ۰ \\ \Delta U_{AB} = ۲۰۰J \end{cases}$$

$$\Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA} = ۰$$

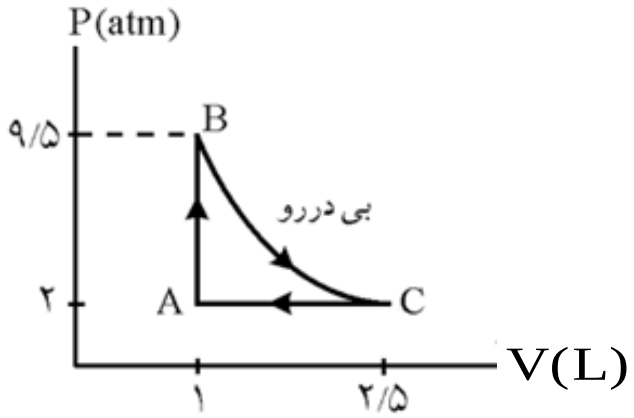
$$۲۰۰ + ۰ + Q_{CA} + W_{CA} = ۰$$

$$۲۰۰ + Q_{CA} + ۱۵۰ = ۰$$

$$Q_{CA} = -۳۵۰J$$

تست:

یک گاز کامل چرخه مقابل را طی می‌کند . اگر این گاز در هر چرخه ۳۵۰ ژول گرما دریافت کند ، در این حالت کار انجام شده در فرآیند بی‌دررو کدام است ؟



۱) +۶۵۰ J

۲) +۵۰ J

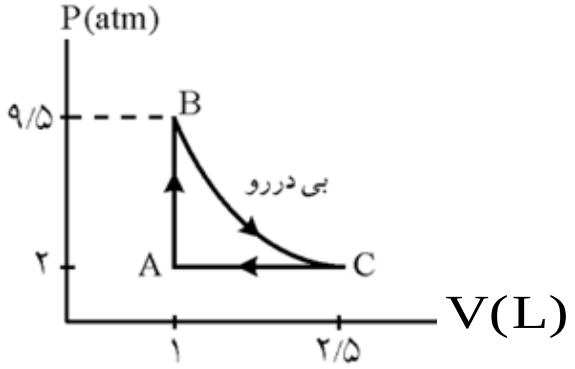
۳) -۶۵۰J

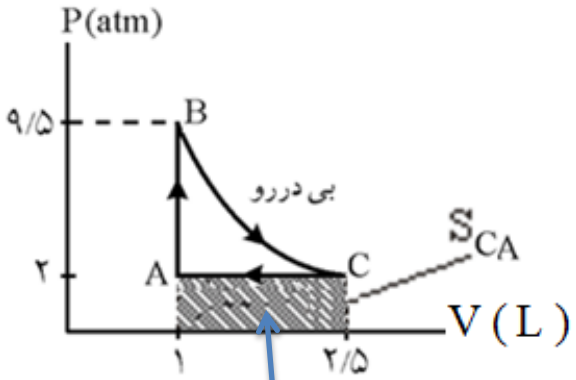
۴) -۵۰J

پاسخ

پاسخ

گزینه ۳ صحیح است.





$\Delta U_{\text{چرخه}} = ۰$ ➡ $Q_{\text{چرخه}} + W_{\text{چرخه}} = ۰$

$Q_{\text{چرخه}} = ۳۵۰\,J$

$W_{BC} = ?$

$۳۵۰ + (\overset{0}{W_{AB}} + W_{BC} + W_{CA}) = ۰$

$۳۵۰ + ۰ + W_{BC} + S_{CA} = ۰$

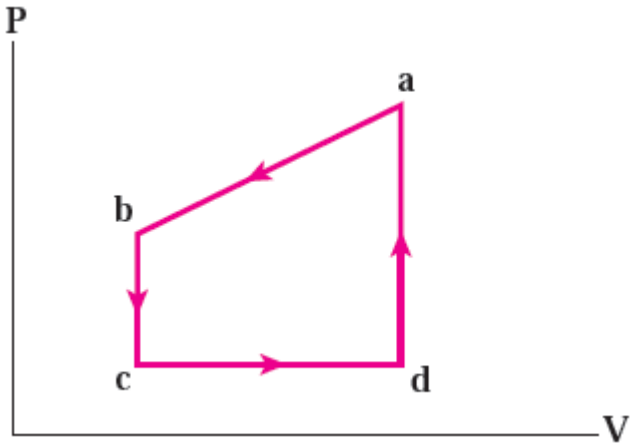
$۳۵۰ + W_{BC} + ۲ \times ۱/۵ \times ۱۰^{۲} = ۰$

$W_{BC} = -۶۵۰\,J$

تمرین:

شکل روبه رو چرخهٔ گازی را نشان می دهد.تغییرانرژی درونی گازوقتی درمسیر abc ازaبهcمی رودبرابر J۲۰۰- است. وقتی گاز ازcبه dمی رود J۱۸۰، و وقتی از d به a برود، J۸۰گرما می گیرد. وقتی گاز از cبه dبرود، چقدر کار انجام می دهد؟

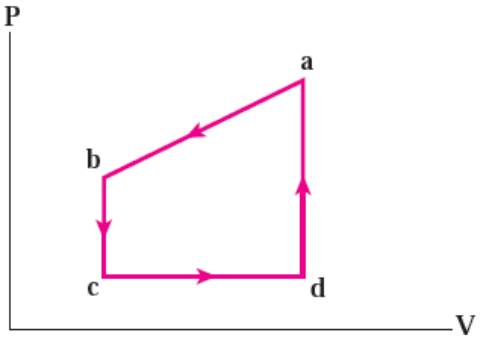
پاسخ



$$\begin{cases} \Delta U_{abc} = -۲۰۰J \\ Q_{cd} = ۱۸۰J \\ Q_{da} = ۸۰J \\ W_{cd} = ? \end{cases}$$

$$W_{cd} = -۶۰J$$

پاسخ



$$\begin{cases} \Delta U_{abc} = -۲۰۰J \\ Q_{cd} = ۱۸۰J \\ Q_{da} = ۸۰J \\ W_{cd} = ? \end{cases}$$

$$\Delta U_{\text{چرخه}} = ۰ \Rightarrow \Delta U_{abc} + \Delta U_{cd} + \Delta U_{da} = ۰$$

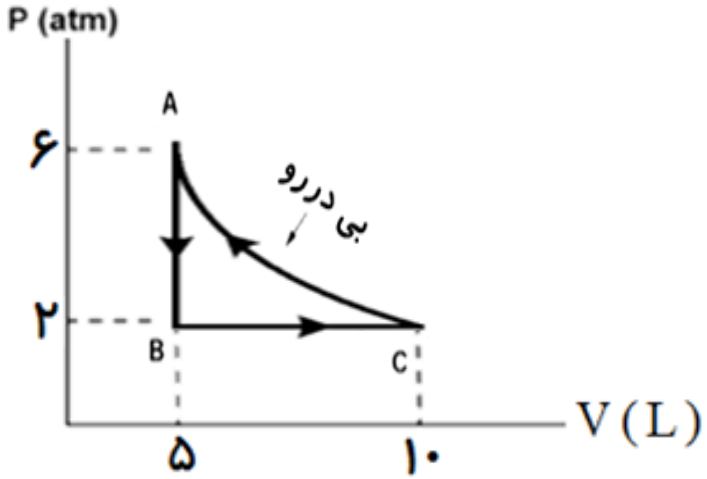
$$-۲۰۰ + (W_{cd} + Q_{cd}) + (\overset{0}{\cancel{W_{da}}} + Q_{da}) = ۰$$

$$-۲۰۰ + (W_{cd} + ۱۸۰) + (۰ + ۸۰) = ۰$$

$$W_{cd} = -۶۰J$$

تست:

۵/.مول گاز تک اتمی، چرخه ی زیر را طی می کند. کار روی گاز در فرآیند بی دررو چند ژول است؟



۱) +۱۵۰۰ J

۲) +۵۰۰J

۳) +۱۰۰۰J

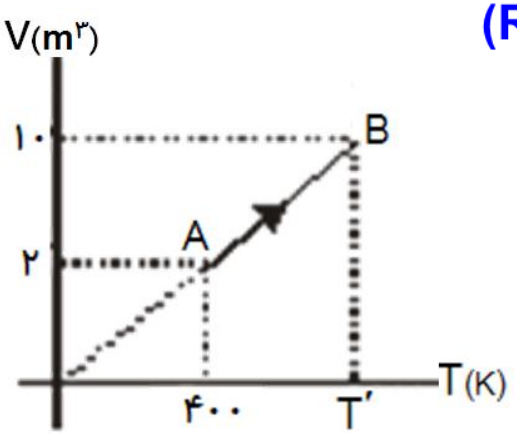
۴) -۵۰۰J

پاسخ

گزینه ۱ صحیح است.

تست:

نمودار V-T ازیک مول گازکاملی به صورت زیراست.کارانجام شده برروی گازدرتحول آن ازA به B چندژول است؟ $(R \approx 8\ J/molk)$



۱) ۶۴۰۰-

۲) ۱۲۸۰۰-

۳) ۶۴۰۰+

۴) ۱۲۸۰۰+

پاسخ

چون نمودار V-T به صورت خط راستی است که از مبدا عبور کرده لذا معرف نمودار انبساط هم فشار بوده، که اگر مختصات نقطه A را در معادله حالت گاز قرار دهیم ، مقدار فشار حاصل می‌گردد :

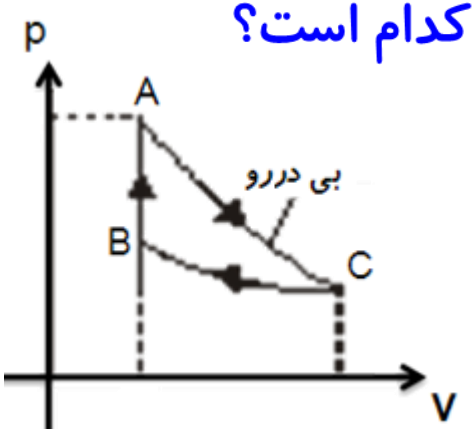
$$P_A V_A = nRT_A \Rightarrow P_A \times ۲ = ۱ \times ۸ \times ۴۰۰ \Rightarrow P_A = ۱۶۰\ pa$$

$$W = -P.\Delta V \Rightarrow W = -۱۶۰۰ \times (۱۰ - ۲) = -۱۲۸۰۰ J$$

گزینه ۲ صحیح است.

تست:

چرخه ای شامل سه فرآیند بی‌دررو، همدما وهم حجم است. اگردر فرآیند بی‌دررو ۲۰J کار انجام شده باشد ، گرمای مبادله شده در فرآیند هم حجم کدام است؟



۱) ۲۰ J گرما از دست داده است.

۲) ۲۰J گرما دریافت می‌کند.

۳) ۸۰J گرما از دست داده است.

۴) ۸۰ J گرما دریافت می‌کند .

پاسخ

چون چرخه ساعتگرد است ، لذا کار روی دستگاه منفی و دستگاه در کل چرخه گرما گرفته است.

$$\Delta U_{\text{چرخه}} = 0 \Rightarrow \Delta U_{AC} + \Delta U_{CB} + \Delta U_{BA} = 0$$

$$Q_{AC} + W_{AC} + 0 + Q_{BA} + W_{BA} = 0$$

$$-20 + Q_{BA} = 0$$

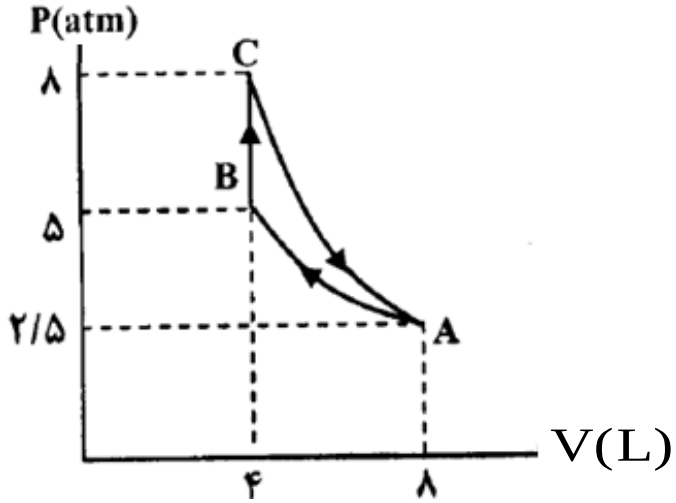
$$Q_{BA} = +20J$$

تمرین:

۲مول گاز کامل تک اتمی،چرخه ای را مطابق شکل روبه رو طی می کند.

الف) در فرآیندCA تغییرانرژی درونی گاز چند ژول است؟

ب)درفرآیند BC،گرمای مبادله شده بین گاز ومحیط را برحسب ژول به دست آورید.



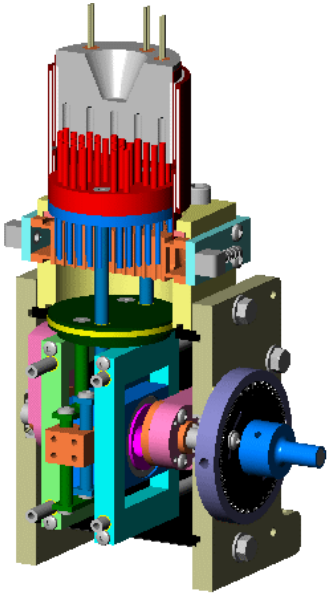
$$C_V = \frac{۳}{۲}R \qquad R \approx ۸\ \frac{J}{mol.k}$$

پاسخ

$$\Delta U_{CA} = -۱۸۰۰J$$

$$Q_{BC} = ۱۸۰۰J$$

موضوع :ماشین گرمایی



ماشین گرمایی

وسیله ای است که با استفاده از فرایندهای ترمودینامیکی گرمای حاصل از سوخت را به کار تبدیل می کند.

هر ماشین گرمایی یک چرخه‌ی معین را تکرار می‌کنند.

پرسش:

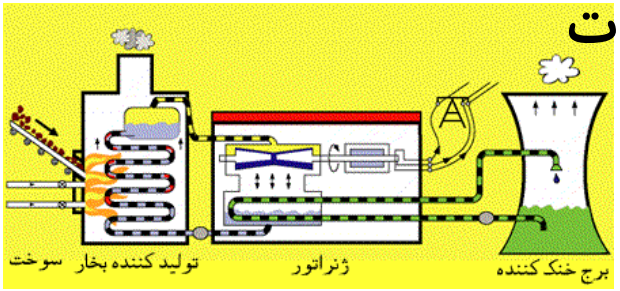
ماشین های گرمایی بسته به این که انرژی خودرا از منبعی درداخل یا خارج از خودبگیرند به چند دسته تقسیم می شوند؟

پاسخ

ماشین گرمایی برون سوز :

دستگاه بادو منبع با دمای بالا ودمای پایین درتماس است وگرما از منبع گرمتردر بیرون دستگاه به آن داده شده و کارخالصی توسط دستگاه در طی چرخه انجام می شود.

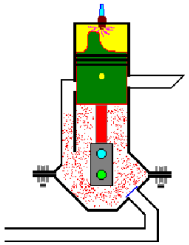
مانند: ماشین نیوکامن، ماشین استرلینگ و ماشین بخاروات



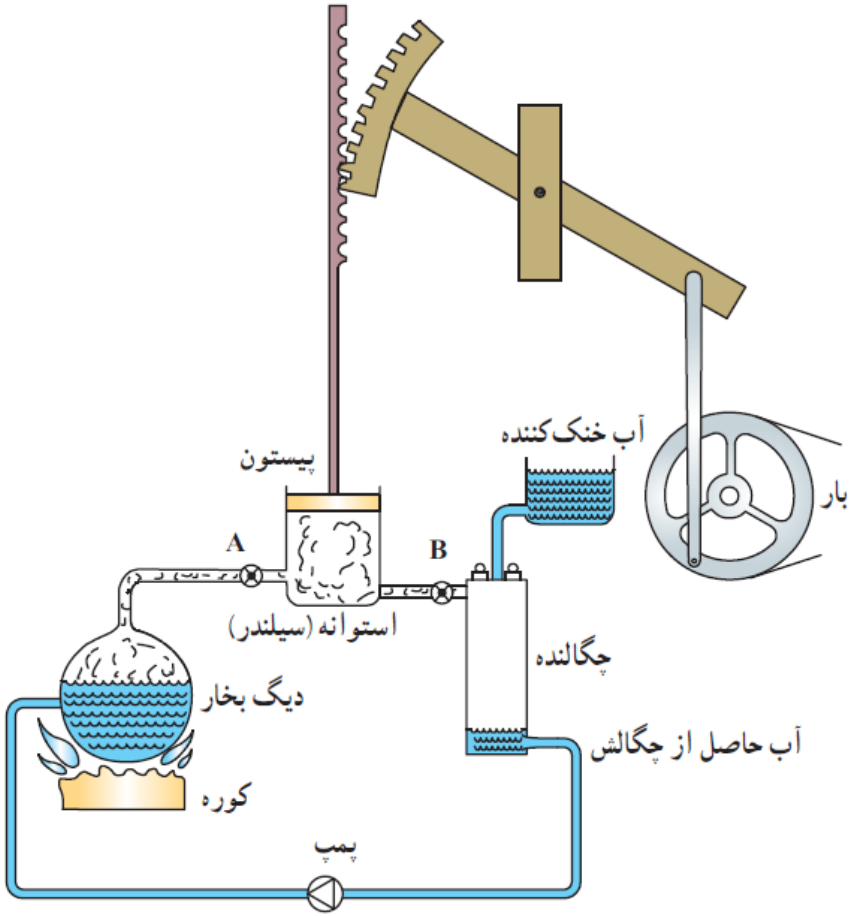
ماشین گرمایی درون سوز :

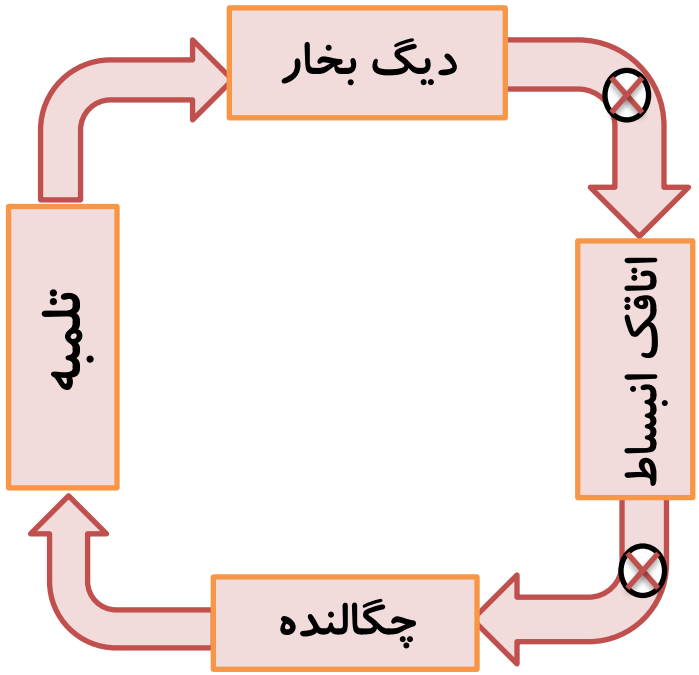
گرمادراثرآتش گرفتن مادهٔسوختی(دستگاه)که درداخل سیلندرقرار داردتأمین می شود.

مانند: موتورهای بنزینی و دیزلی



تحلیل دقیق چرخهٔ یک ماشین بخاردشوار است.اما با برخی ساده سازی ها می توان به تحلیل این ماشین ها پرداخت و به چرخه ای آرمانی موسوم به چرخهٔ رانکین رسید.





نکات مهم در چرخه ی ماشین بخار :

۱) دستگاهی که چرخه را می پیماید ،آب است

۲)کوره،منبع دمای بالا وگرمای Q_Hرا به دستگاه(آب) می دهد

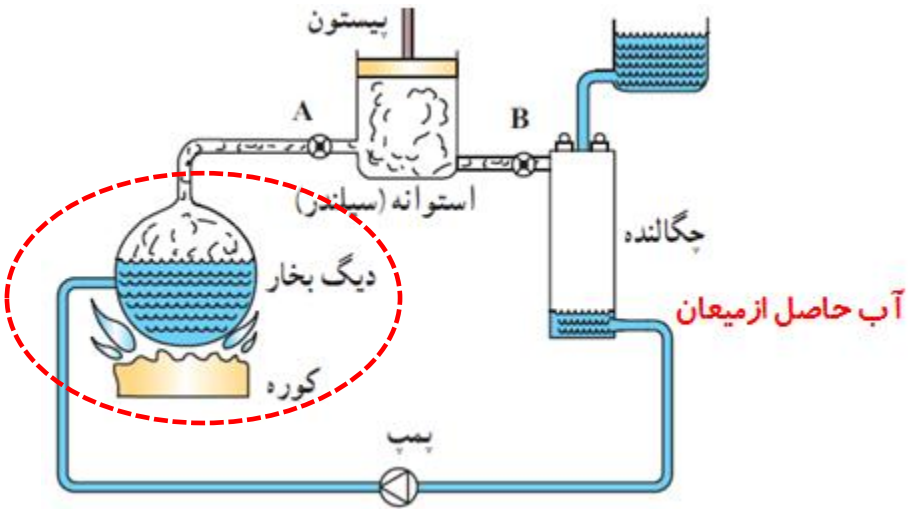
۳)دستگاه روی محیط کار انجام می دهد و باعث انبساط دستگاه می شود

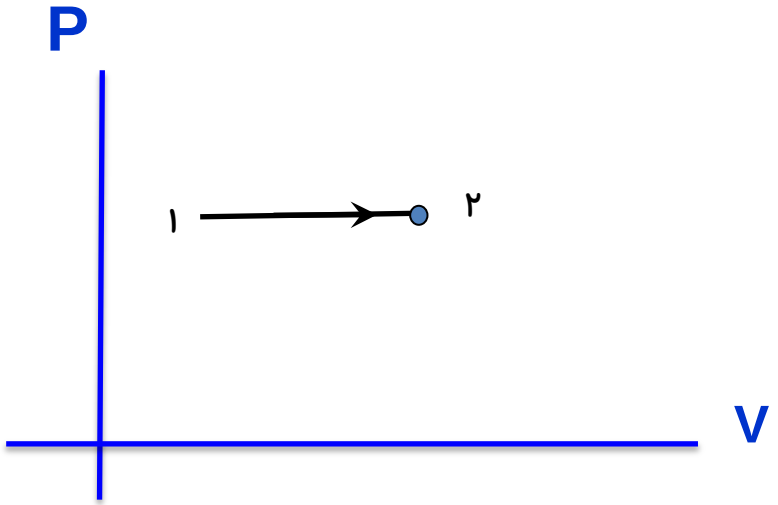
۴)منبع دمای پایین چگالنده ولوله های آب سرد است وگرمای Q_Lرا ازدستگاه می گیرد.

فرآیند هایی که آب درماشین بخاروات طی می کند،به چهارمرحلهٔاصلی تقسیم می کنیم :

الف) مرحله ی اول:

دراین مرحله آب درون دیگ بخاردر**فشار ثابت** از کوره گرما می گیرد و به بخار تبدیل می شود .

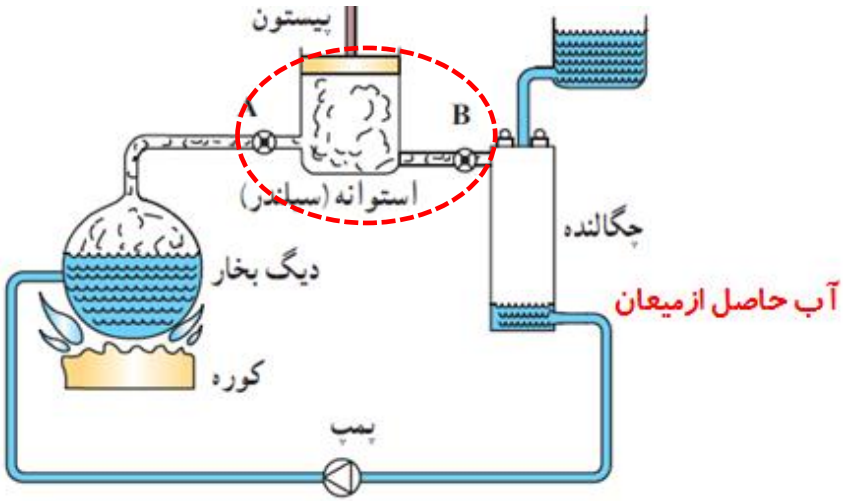


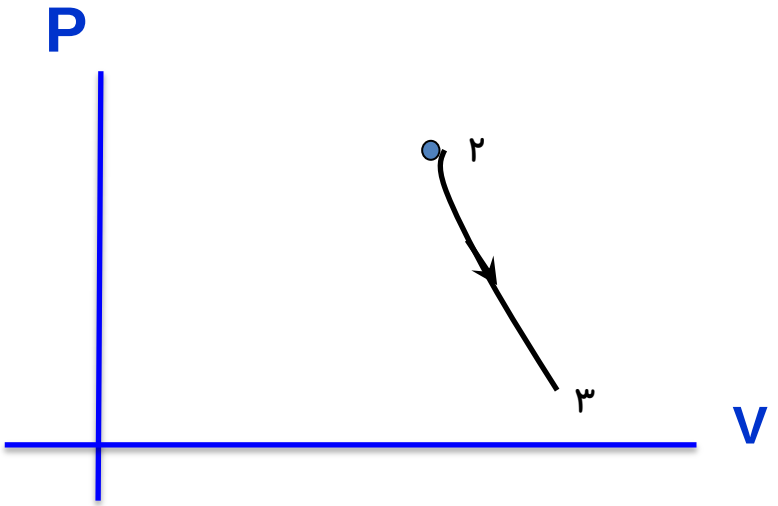


ب) مرحله ی دوم :

شیرورودی بازمی شود.بخارآب که دما وفشارآن بسیارزیاداست وارداتاقک انبساط می شود ودما وفشار آن کاهش می یابددر این مرحله **بخارآب برروی محیط کار** انجام می دهد.

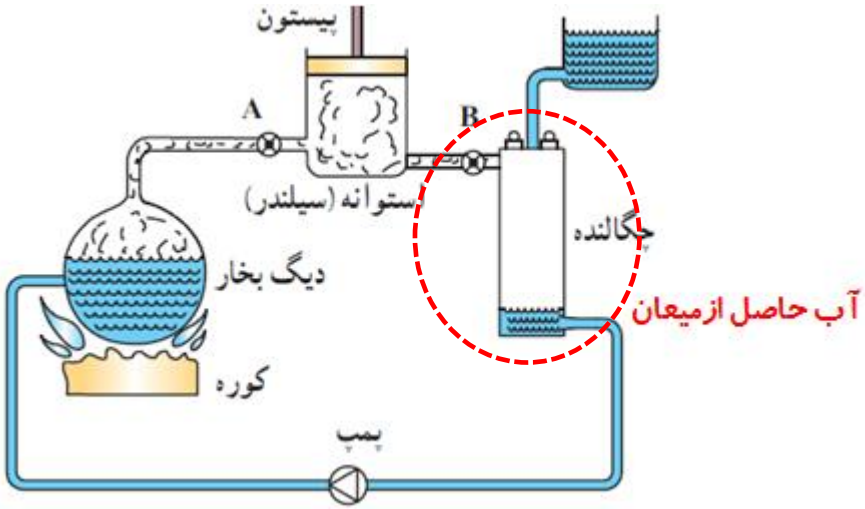
(چون این انبساط بسیارسریع است این **فرآیندرا بی دررو** می توان درنظر گرفت.)

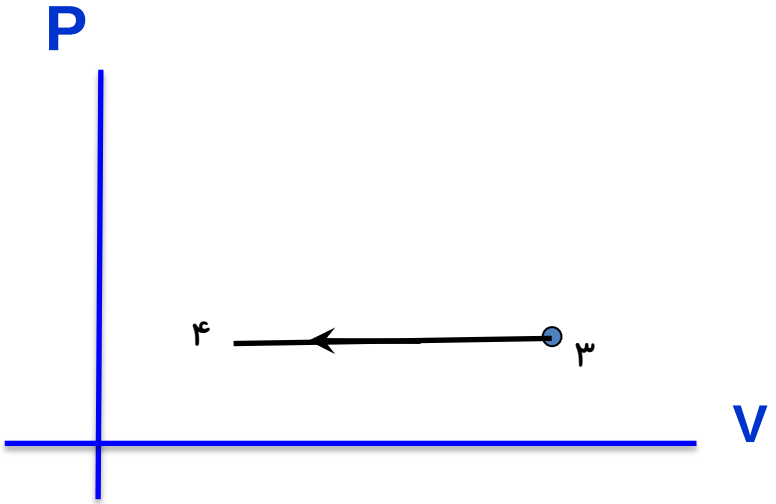




ج) مرحله ی سوم :

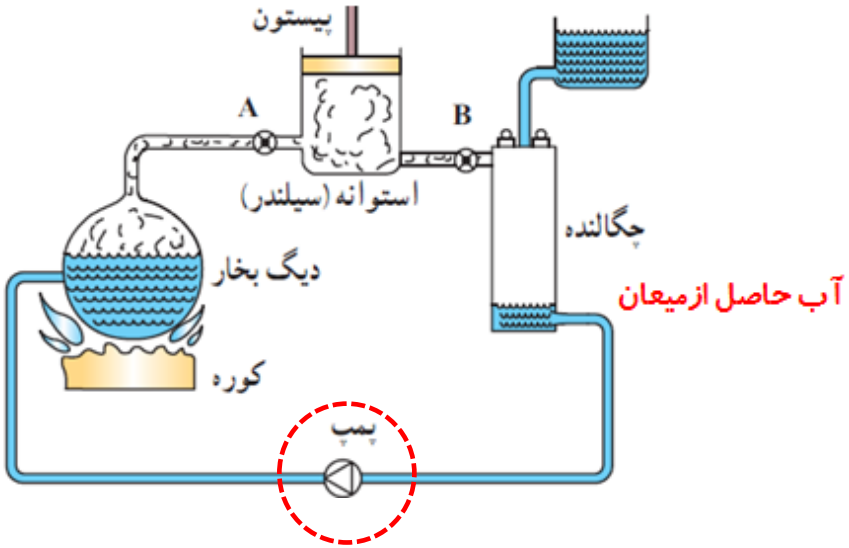
درچگالنده بخارآب درفشارثابت گرما ازدست می دهد و به مایع تبدیل می شود.دراین فرآیندحجم بخار آب کاهش می یابد .

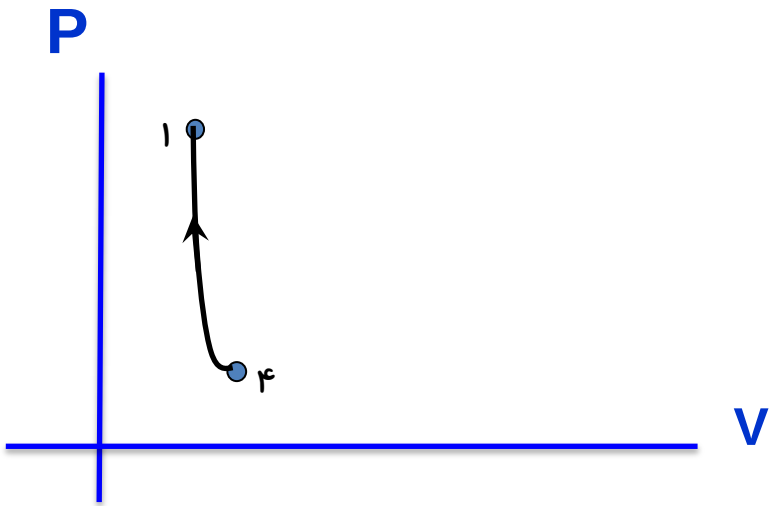




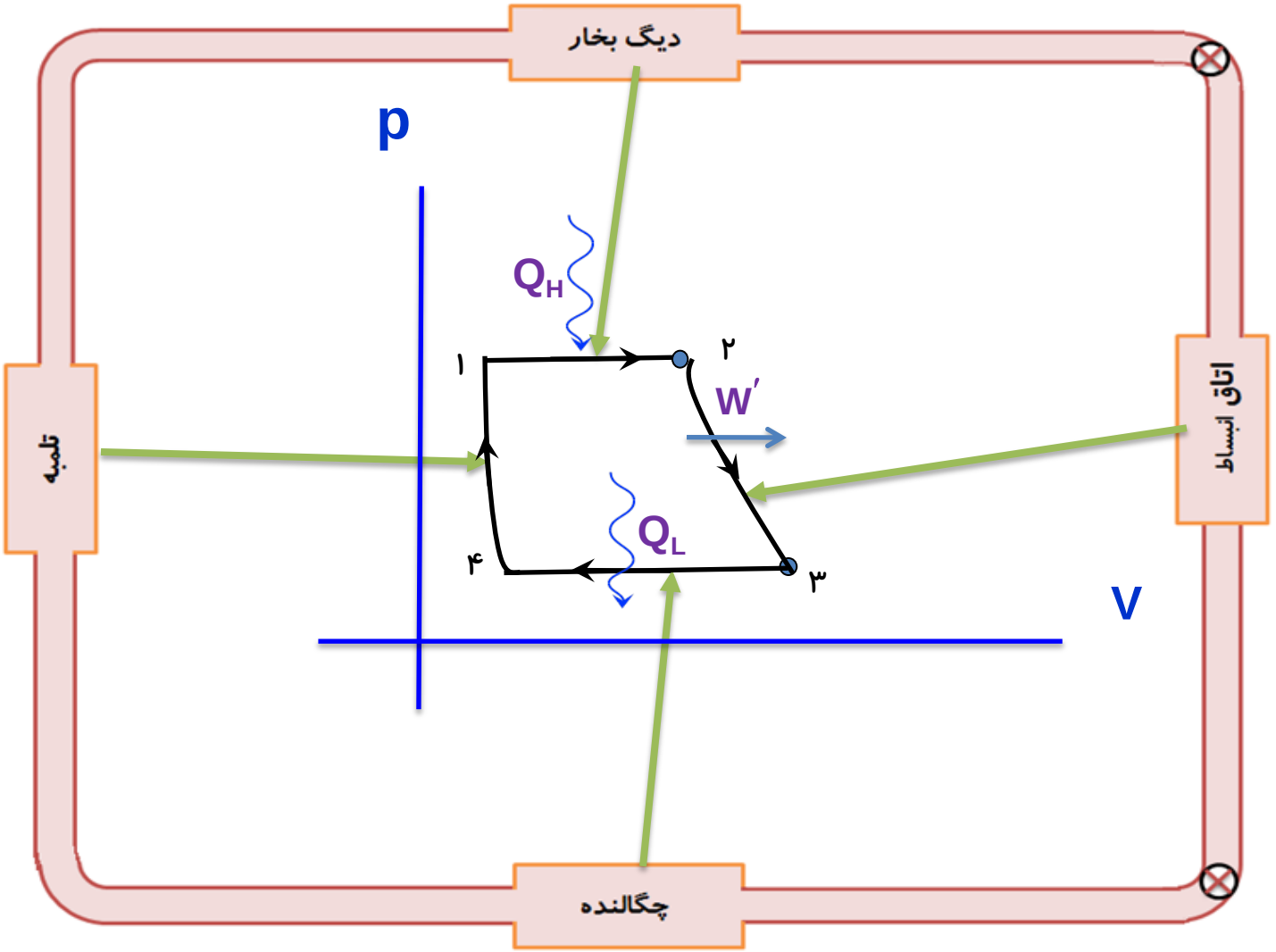
د) مرحله ی چهارم:

تلمبه(پمپ)، آب حاصل از میعان را به دیگ بخار برمی گرداند و فشار آن را به طور بی دررو به فشار اولیه می رساند(فقط تغییرات کوچکی در دما و حجم مایع رخ می دهد)





چرخهٔ رانکین

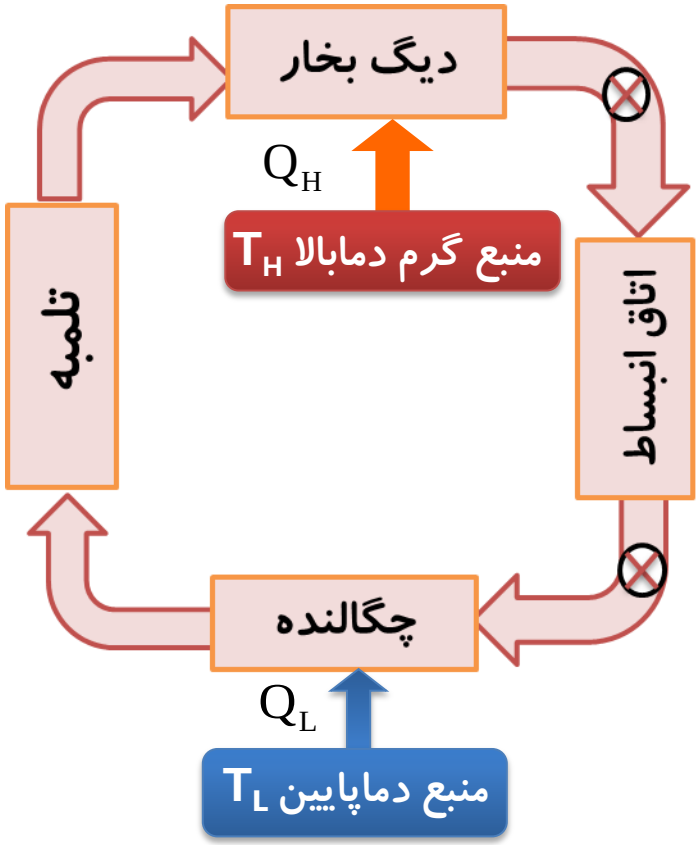


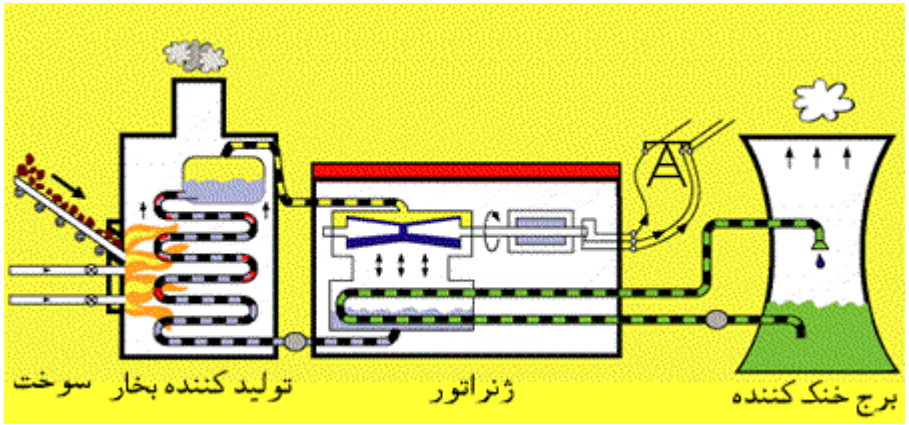
چندنکته:

۱-در حین کار با ماشین بخار این چرخه دائما تکرار می شود .

۲-دستگاه دراین چرخه به طور عمده بادومنبع گرما(کوره و چگالنده) تبادل گرمامی کند.

۳-کوره را که در دمای بالاتری قرار دارد منبع گرم و چگالنده را منبع سرد می نامیم





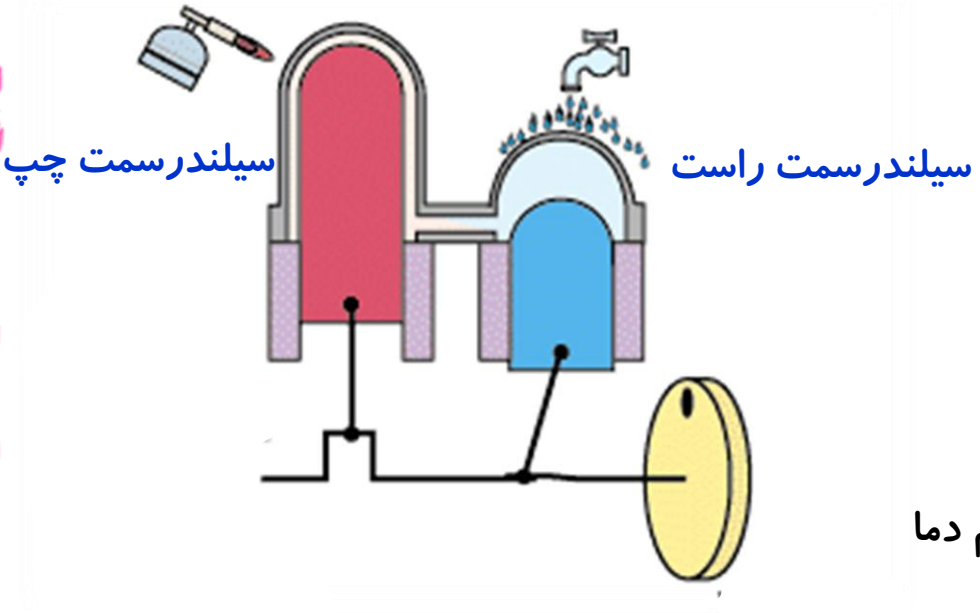
ماشین گرمایی رابرت استرلینگ

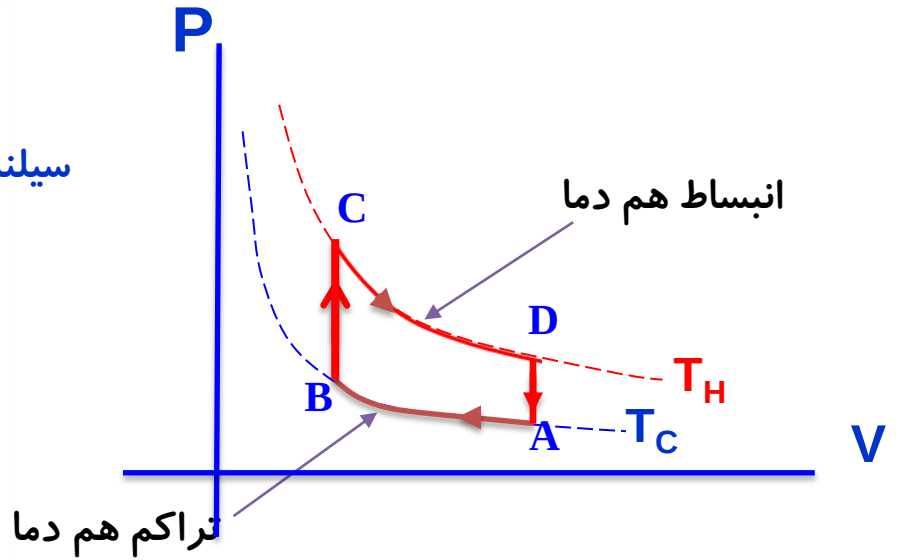
از A تا B– (تراکم هم دما) پیستون سمت راست تانیمه بالا آمده وگازسردشده بنابراین باعث خروج گرمای Q_L می شود

از B تا C– (هم‌حجم) پیستون سمت راست کامل بالا آمده تاگازسرداین ناحیه واردسیلندرسمت چپ شود

از C تا D– (انبساط هم دما) گازسیلندر سمت چپ مقداری گرمامی‌گیردومنبسط می شودوپیستون سمت راست ساکن می ماند.

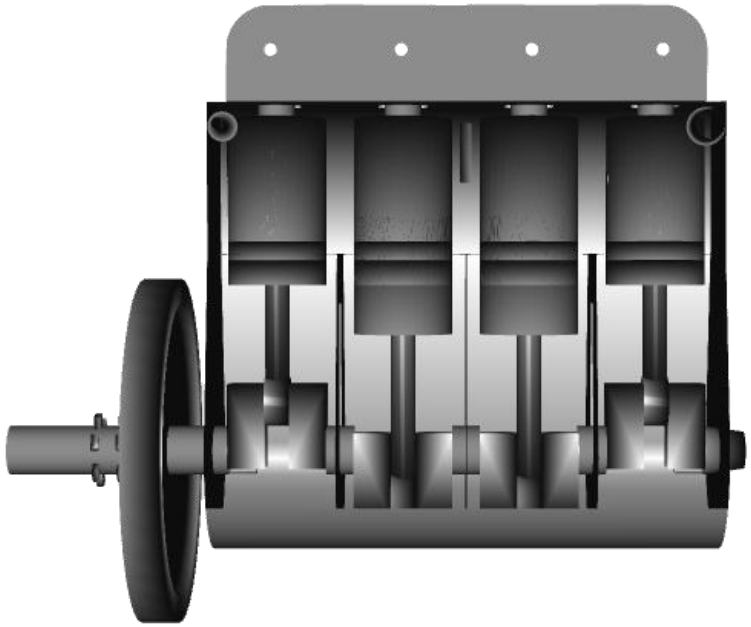
از D تا A– (هم حجم) هردوپیستون درجهت مخالف حرکت می کنند.

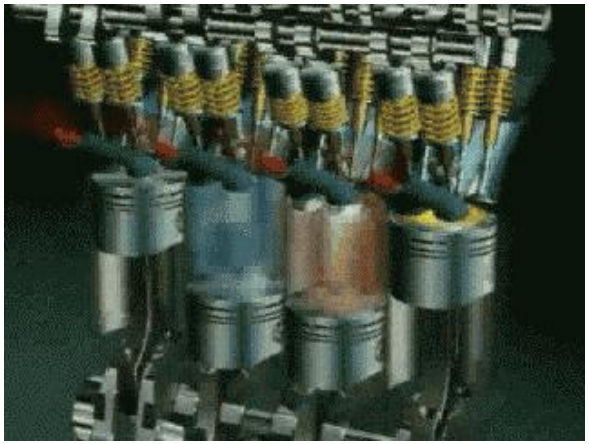


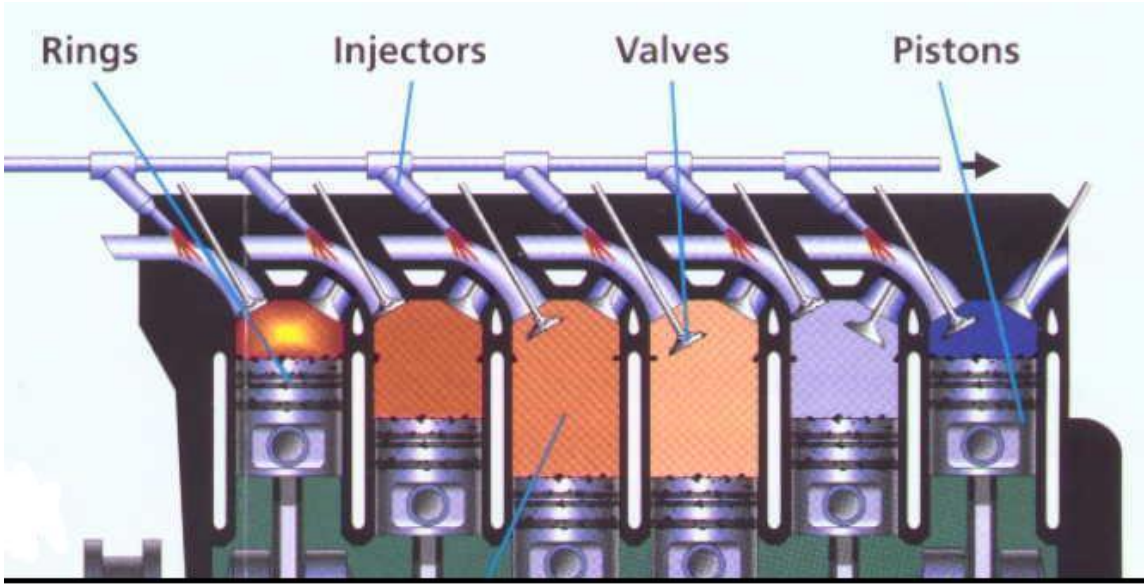


عامل حرکت موتور

در بعضی موتور پیستونی حرکت خطی پیستون سبب حرکت چرخشی میل لنگ موتور می گردد.






Rings
Injectors
Valves
Pistons

مرحله‌های کار ماشین گرمایی درون‌سوز

۱ـ ضربهٔ مکش

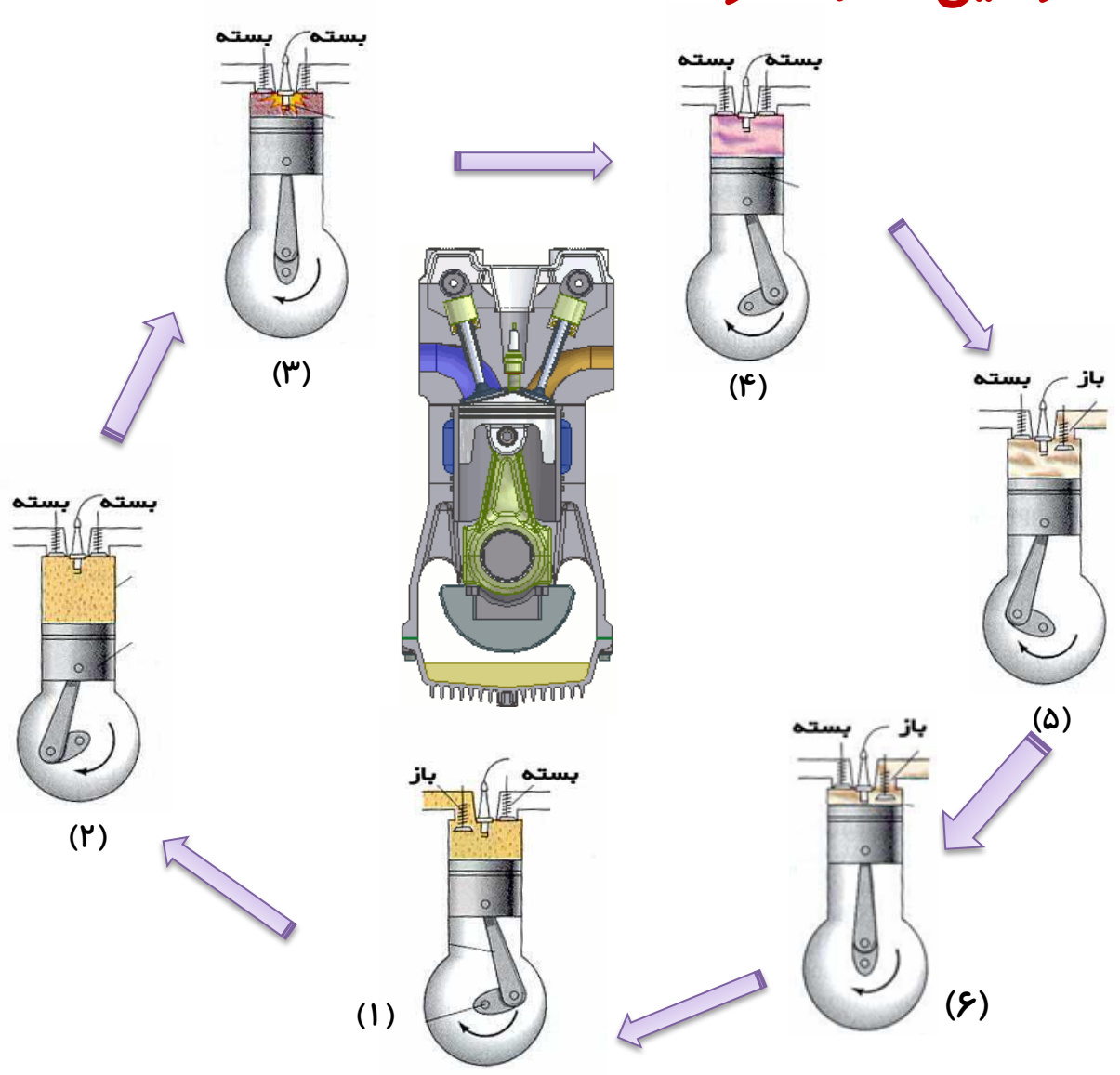
۲ـ ضربهٔ تراکم

۳ـ آتش گرفتن

۴ـ ضربهٔ قدرت

۵ـ تخلیه

۶ـ ضربهٔ خروج گاز

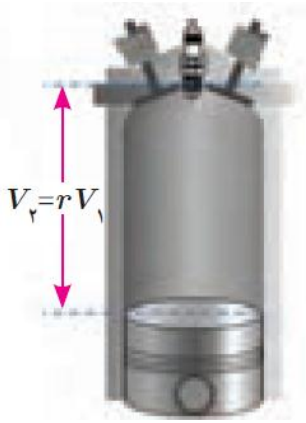


نسبت تراکم : Υ

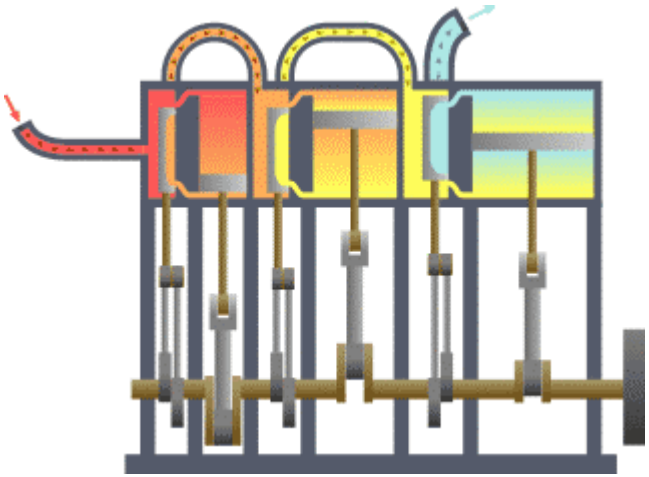
به نسبت بیشترین حجم دستگاه به کمترین حجم دستگاه، نسبت تراکم گویند.

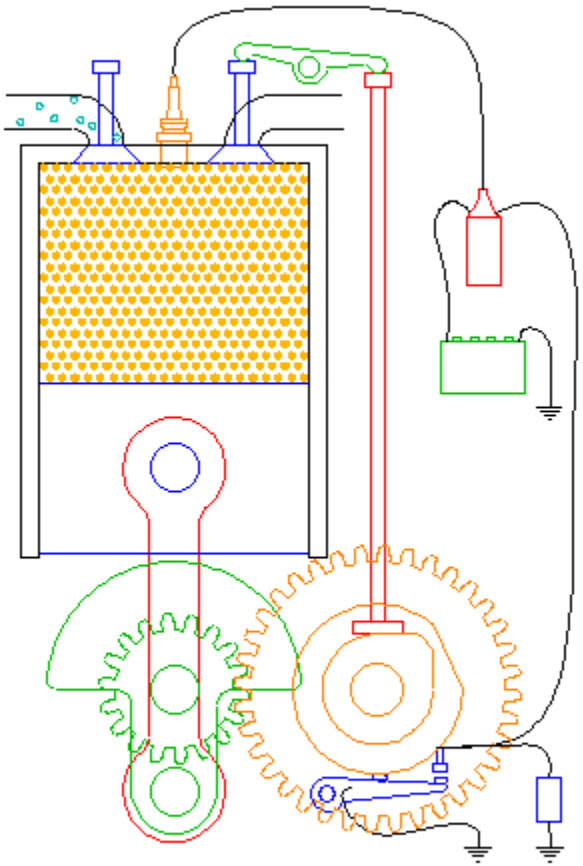
$$\Upsilon = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{\Upsilon V}{V}$$

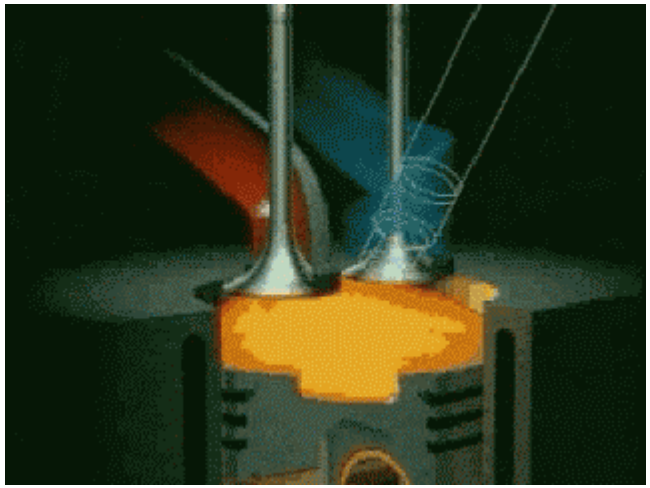
مرحله ی آتش گرفتن



مرحله ی شروع تراکم



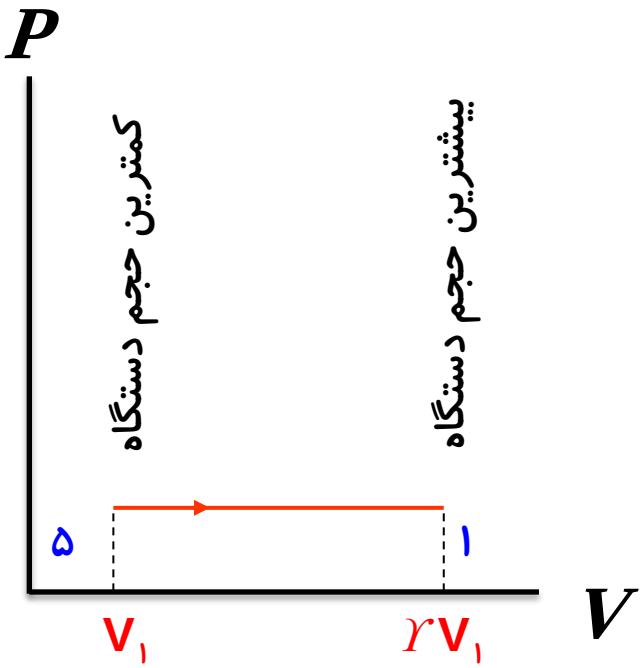


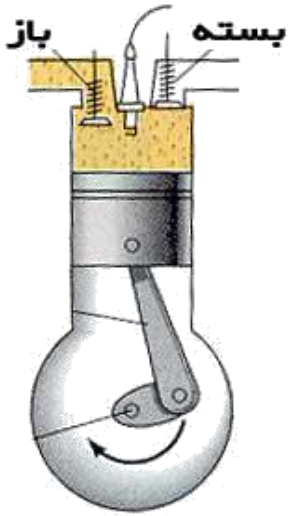


۱ـ ضربهٔ مکش

با پایین آمدن پیستون مخلوط بنزین وهوا ازطریق دریچه ورودی وارداستوانه می شوند.

وقتی پیستون به پایین ترین وضعیت خودرسید، این دریچه بسته می شود.

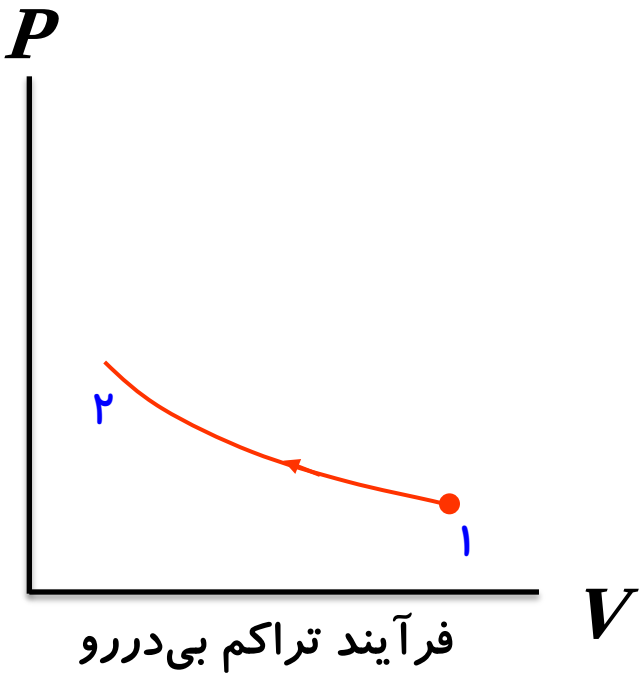




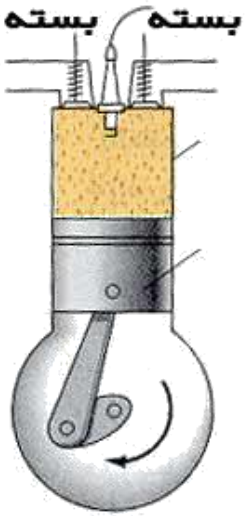
۱

۲ـ ضربهٔ تراکم

پیستون بالا می آیدومخلوط رامتراکم می کندوبه حجم اولیه می رساندراین وضعیت دمای مخلوط بسیار بالا می رود



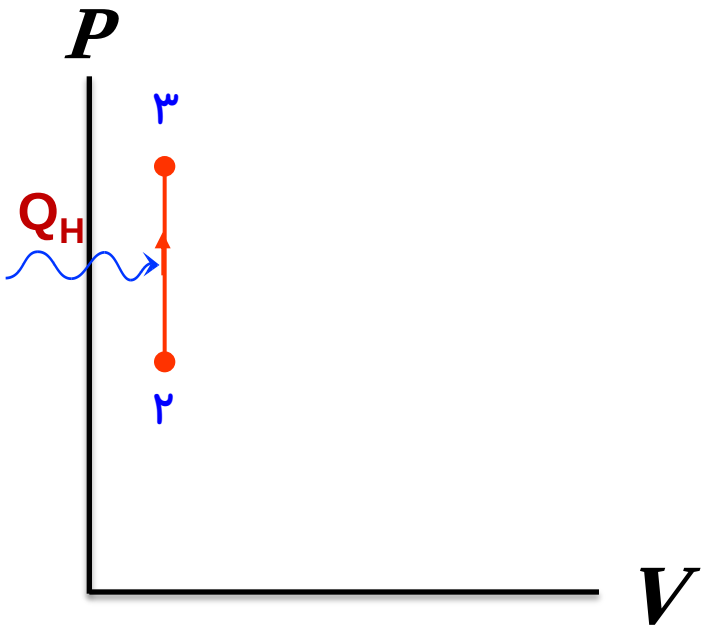
فرآیند تراکم بی‌دررو

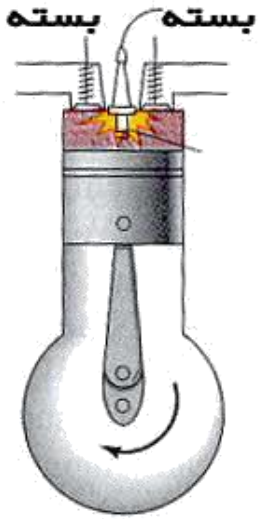


۲

۳ـ آتش گرفتن

هنگامی که پیستون به بالاترین وضعیت خودرسید،شمع جرقه می زند مخلوط آتش می گیرد ودما وفشار آن تا مقدار زیادی بالا می رود .

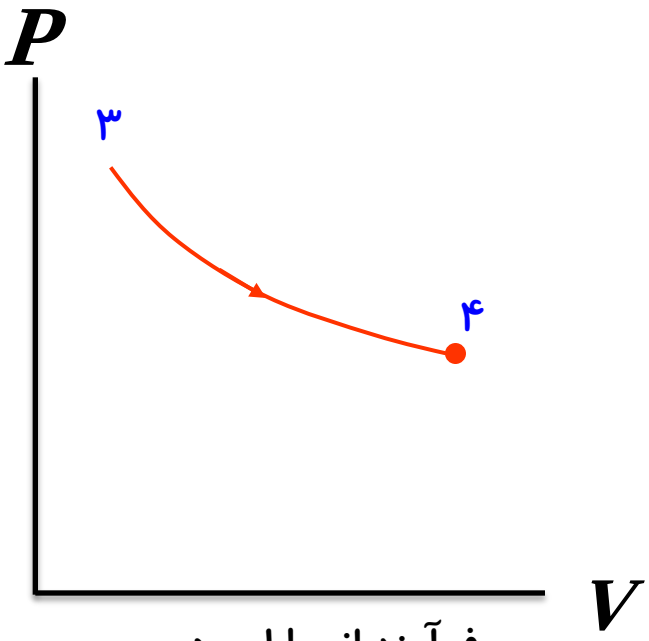




۳

۴ـ ضربهٔ قدرت

دراین مرحله در اثرفشارزیاددستگاه منبسط می شودوپیستون را به طرف پایین می راند.
کاری که دستگاه بر روی محیط انجام می دهد در این مرحله حاصل می شود .

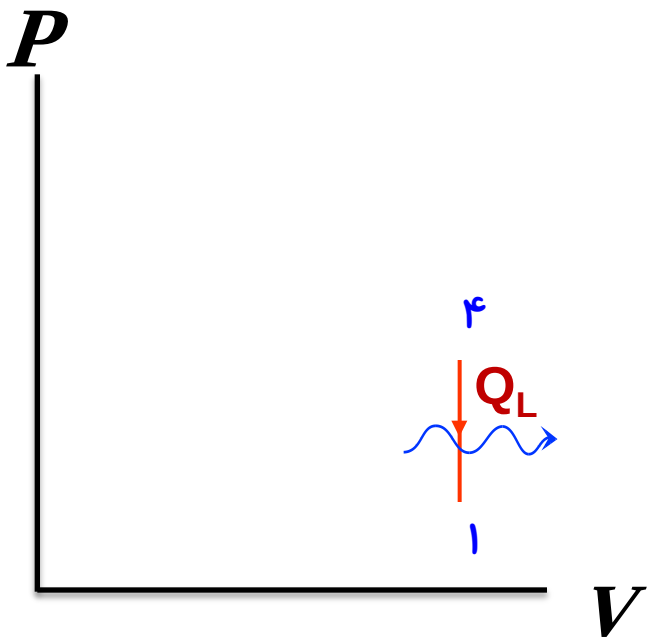


فرآیند انبساط بی‌دررو

۴

۵ـ تخلیه

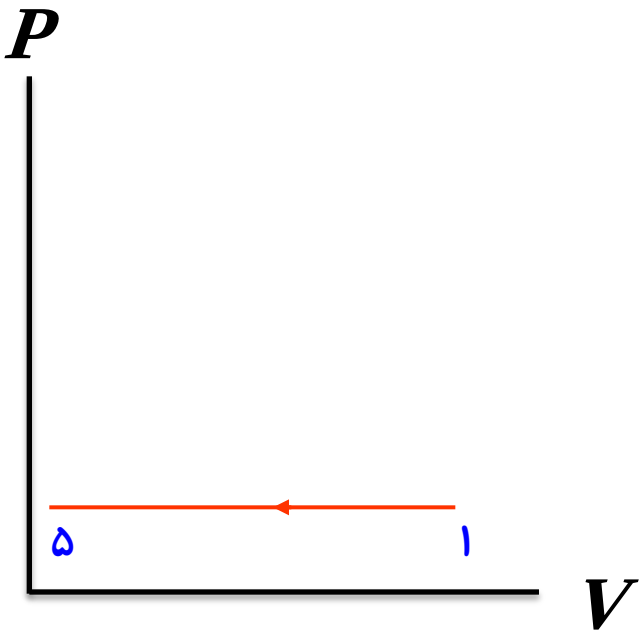
در حالی که پیستون در پایین ترین وضعیت حجمی قرار دارد، سوپاپ دریچهٔخروجی باز می شود و قسمتی از محصولات احتراق به صورت دود از دریچهٔ خروجی خارج می شود. به این ترتیب مقدارزیادی گرما به بیرون رانده می شود .

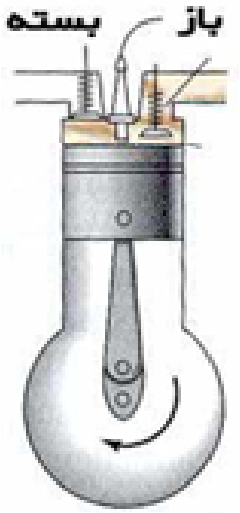


۵

۶ـ ضربهٔ خروج گاز

پیستون بالا می آید و بقیهٔ محصولات احتراق را بیرون می راند و حجم فضای بالای پیستون از بیشترین به مقدار اولیه کمترین می رسد.

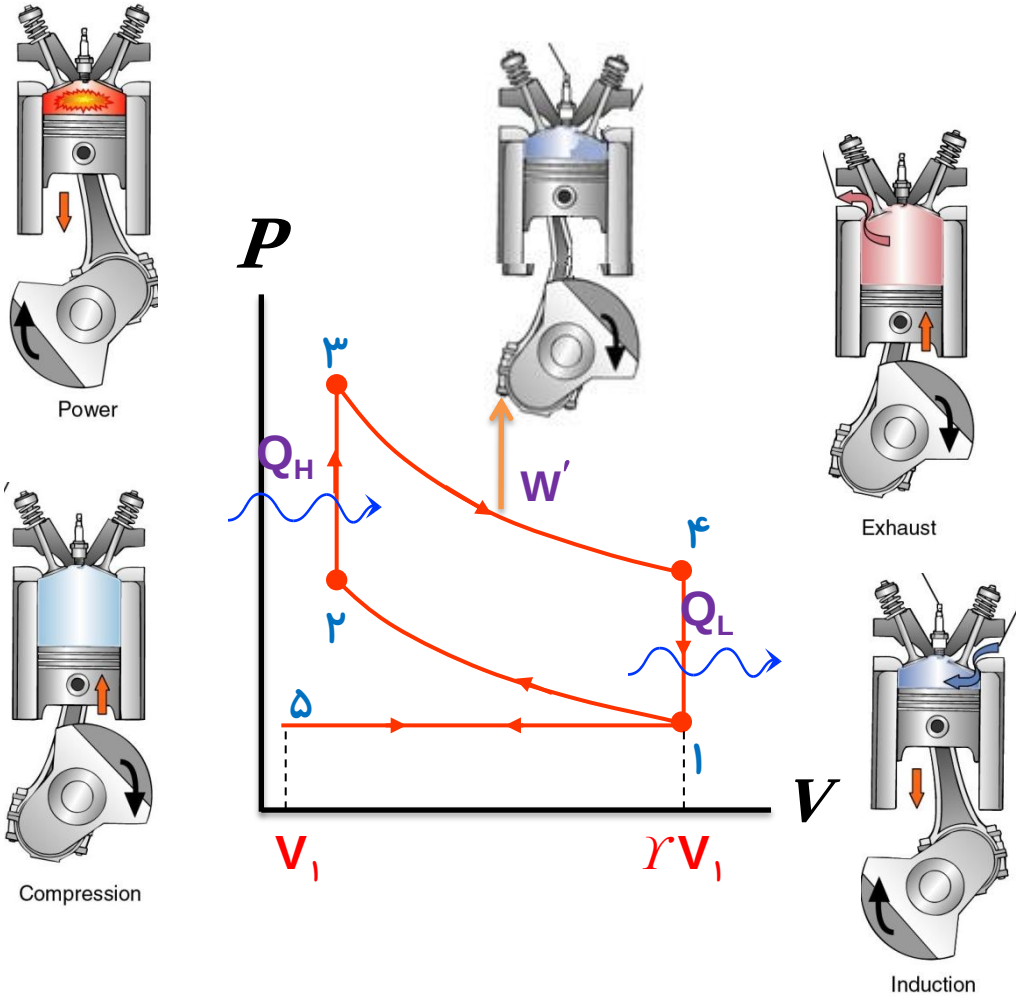




(۶)

چرخه‌ی اُ تُو

بررسی موتورهای گرمایی درون‌سوز بنزینی،به وسیله ی چرخه‌ای به نام چرخه‌ی اُ تُو انجام می پذیرد.



چرخه ی اُ تُو:

از ۵ تا ۱ –(انبساط هم فشار) دستگاه منبسط شده مخلوط بنزین وهوا از طریق دریچه ورودی وارد استوانه می شوند.

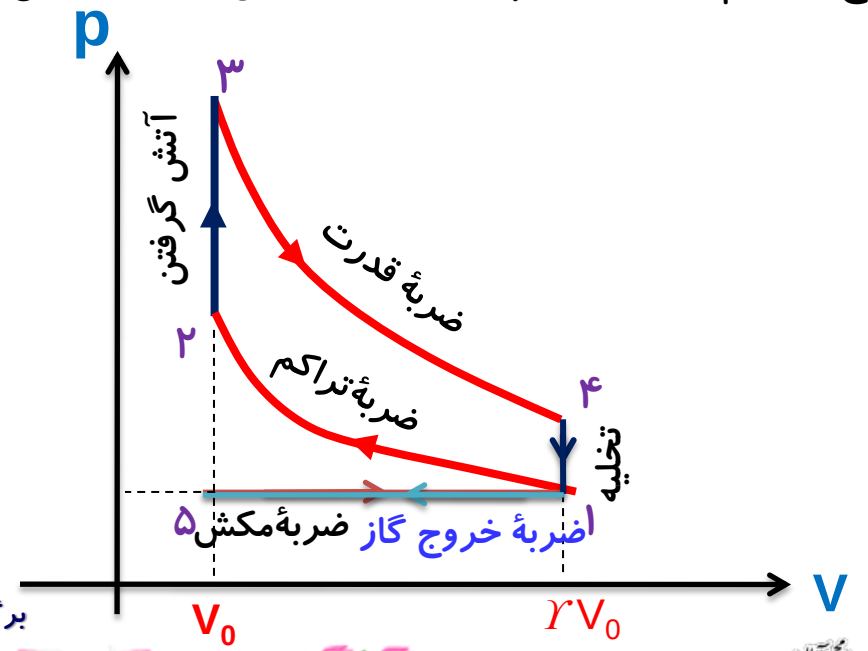
از ۱ تا ۲ – (فرآیند تراکم بی‌دررو) دستگاه متراکم می‌شودو فشاروحجم آن به وضعیت اولیه برگردانده می‌شود.

از ۲ تا ۳ –(فرآیند هم‌حجم) دستگاه مقداری گرما می‌گیرد و دما و فشار آن به مقدار زیادی بالا می‌رود.

از ۳ تا ۴ –(فرآیند انبساط بی‌دررو) دستگاه منبسط می‌شود و پیستون را به طرف پایین می‌راند.

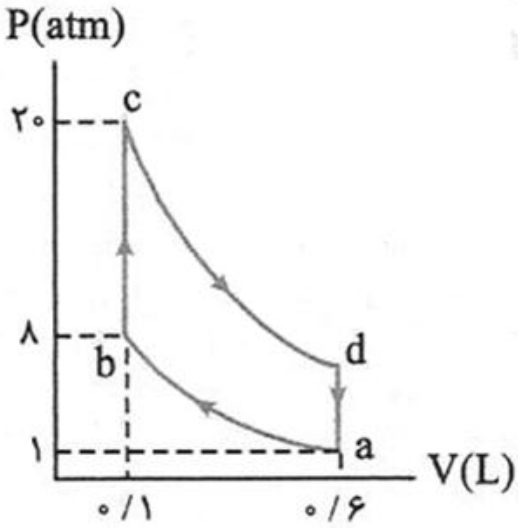
از ۴ تا ۱ –(فرآیند هم‌حجم) دستگاه مقداری گرما از دست می‌دهد و دما و فشار آن کاهش می‌یابد

از ۱ تا ۵ –(انبساط هم فشار) بقیهٔ‌محصولات احتراق خارج و حجم فضای بالای پیستون به کمترین مقدارخودمی رسد.



تمرین :

در شکل زیر، نمودار P-V یک چرخهٔ اتو را نشان می دهد .نسبت تراکم دراین چرخه را پیدا کنید.



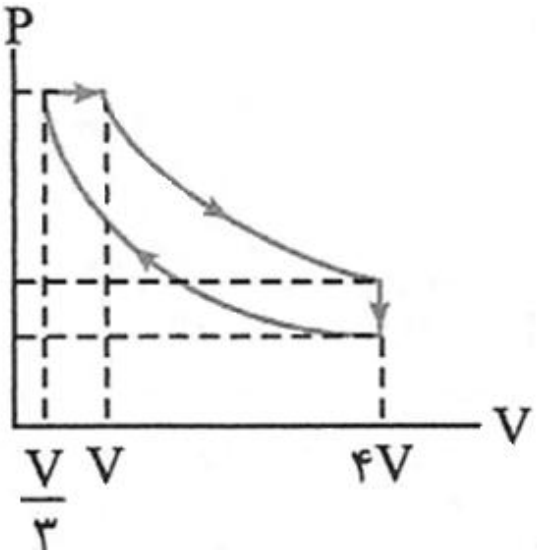
پاسخ:

$$\begin{cases} V_{max} = ./۶L \\ V_{min} = ./۱L \\ r = ? \end{cases}$$

$$r = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{./۶}{./۱} = ۶$$

تمرین :

در شکل زیر، نمودار P-V یک ماشین گرمایی را نشان می دهد .نسبت تراکم دراین ماشین را پیدا کنید.



پاسخ:

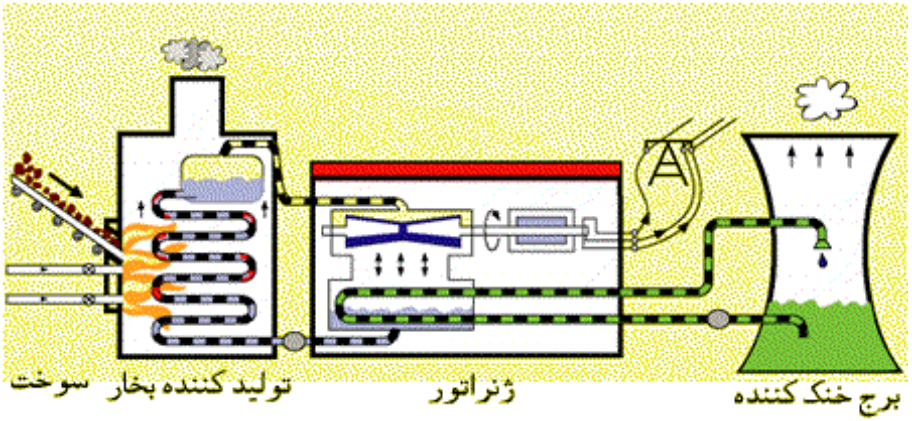
$$\begin{cases} V_{max} = ۴V \\ V_{min} = \dfrac{V}{۳} \\ \Upsilon = ? \end{cases}$$

$$\Upsilon = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{۴V}{\frac{V}{۳}} = ۱۲$$

فعالیت۵-۵:

درمورد ماشینهای بخاری که امروزه درنیروگاه های گرمایی(حرارتی) استفاده می شوندونحوهٔکارکردآنها تحقیق کنیدونتیجه تحقیق را در کلاس ارائه نمایید.

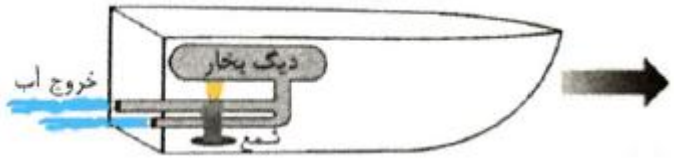
پاسخ:



اساس کار کلیهٔ نیروگاه های حرارتی گرم کردن آب وتبدیل آن به بخارآب بافشاربالا ودرپی آن چرخاندن یک توربین بخار است که ژنراتور را به راه می اندازد.بخارآب پس ازعبور از توربین،در یک چگالنده به آب تبدیل می گردد.سپس این آب به دیگ بخار برگردانده می شودودرآنجا به بخار داغ پُرفشار تبدیل گردیده ومجدداً به طرف توربین می رود و این چرخه دوباره تکرار می گردد(منبع انرژی یک نیروگاه سوخت های فسیلی یا انرژی هسته ای، انرژی زمین گرمایی و انرژی خورشیدی می تواندباشد.)

فعالیت ۵-۶:

قایق پوت پوت،نوعی قایق اسباب بازی است که اساس کار آن مانند ماشین های برون سوز است.درمورد این قایق های اسباب بازی تحقیق کرده وسعی کنید آن را بسازید.



پاسخ:

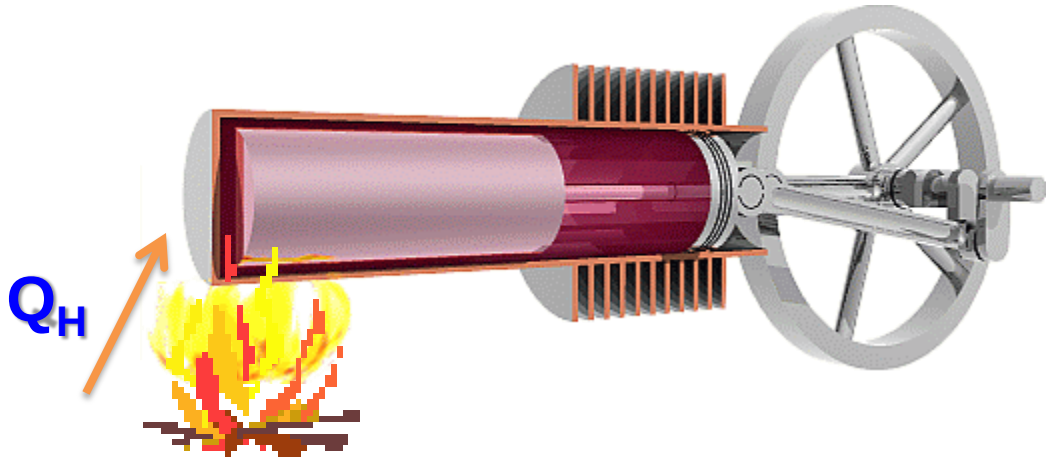
قایق پوت-پوت یک ماشین بخارسادهٔبرون سوز است که چرخه ای را می پیمایدتا قایق حرکت کند.لولهٔفلزی قایق که دو انتهای آن درون آب قرارگرفته را ازآب پرمی کنیم(هواگیری)باگرم کردن قسمت پیچه ای شکل لوله،آب داغ به بخارپُرفشار تبدیل می شودکه ازدو انتهای سرد لوله(که مانندچگالنده عمل می کند) باسرعت زیاد خارج شده وعکس العمل نیرویی که بخاربه آب واردمیکندباعث جهش رو به جلو قایق می شود.بخارسرد ومنبسط شده بعدازپیمودن یک فرایندانبساط بی دررو،کم فشار شده وباعث مکش آب به درون لوله می شود، آب درقسمت پیچه ای شکل گرم می شودواین چرخه ادامه میابد(هنگام مکش آب به درون لوله یک نیروی کوچک درخلاف جهت حرکت به قایق واردمی شودکه تاثیر چندانی درحرکت رو به جلو قایق ندارد).

موضوع :

بازده،قانون دوم ترمودینامیک(به بیان ماشین گرمایی)

بازده ماشین گرمایی: η (اِتا)

نسبت کاربدست آمده $|W|$ به مقدارگرمای گرفته شده Q_H ازچشمه ی گرمایی رابازده ماشین گرمایی گویند.



$$\eta = \frac{|W|}{Q_H}$$

مفهوم بازده ماشین گرمایی:

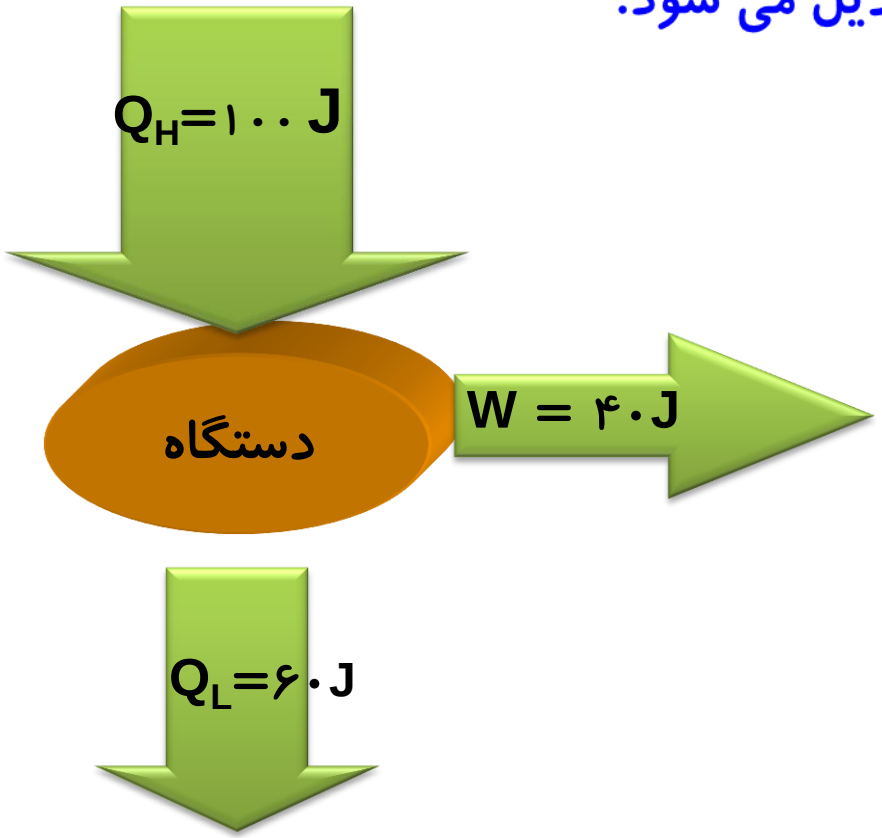
نشان می دهدکه چه کسری ازگرمای حاصل ازسوخت به انرژی مفید خروجی تبدیل می شود.

پرسش:

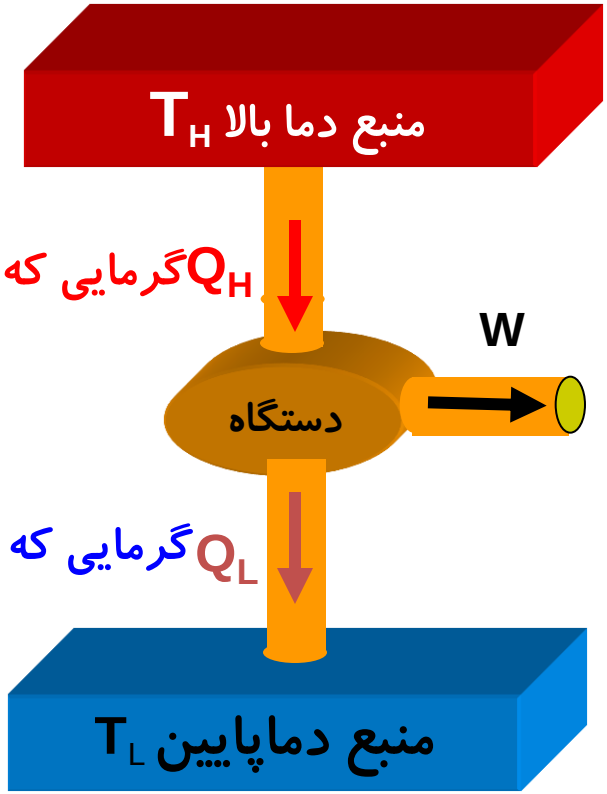
بازده واقعی ماشین گرمایی $\eta = ۴۰\%$ است یعنی چه؟

پاسخ

یعنی از ۱۰۰J گرمای دریافت شده توسط ماشین گرمایی فقط ۴۰ J آن را به انرژی مفید خروجی تبدیل می شود.



علامت کاروگرمای مبادله شده در ماشین گرمایی



$Q_H > 0$

کار انجام شده توسط ماشین

$W < 0$

$Q_L < 0$

قانون اول ترمودینامیک برای ماشین گرمایی

چون ماشین یک چرخه را طی می‌کند، $\Delta U=0$ است .

$$\Delta U = Q + W \begin{cases} \Delta U = 0 \\ Q = Q_H - |Q_L| \\ W = -|W| \end{cases} \Rightarrow 0 = Q_H - |Q_L| - |W| \Rightarrow$$

$$Q_H = |W| + |Q_L|$$

رابطه ی بازده ماشین گرمایی با قانون اول ترمودینامیک :

بازده‌ی ماشین گرمایی همواره کوچک‌تراز یک است زیرا $|W|<Q_H$ است.

$$\begin{cases} |W| = Q_H - |Q_L| \\ \eta = \dfrac{|W|}{Q_H} \end{cases} \Rightarrow \eta = \frac{Q_H - |Q_L|}{Q_H} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H}$$

نکته:

بازدهٔماشین های گرمایی واقعی ازبازده ماشین های آرمانی کمتراست.

بازدهٔ تقریبی ماشین های گرمایی به صورت زیر است:

بازده ماشین های درون سوز بنزینی : درحدود ۲۰ تا ۳۰ درصد

بازده ماشین های درون سوز دیزلی: درحدود ۳۰ تا ۳۵ درصد

بازده ماشین های برون سوز بخار: درحدود ۳۰ تا ۴۰ درصد

پرسش:

روشهای افزایش بازده ماشین گرمایی را بنویسید.

پاسخ

۱-اصطکاک میان پیستون و سیلندر را کاهش دهیم .

۲-باعایق بندی مناسب،می توانیم تاحد امکان از اتلاف گرمای کوره جلوگیری کنیم.

۳-دمای منبع گرم را افزایش و دمای منبع سرد را کاهش دهیم .

تمرین:

یک ماشین گرمایی درهر چرخه۱۰۰۰۰J گرما از منبع گرم دریافت می‌کندو ۴۰۰۰J گرما به منبع سردمی‌دهد. الف) در هرچرخه چه مقدار کار بر روی محیط انجام می‌شود؟

ب) بازده این ماشین چقدر است ؟

پاسخ

$\eta = ./۶$

$$\begin{cases} Q_H = ۱۰۰۰۰J \\ |Q_L| = ۴۰۰۰J \\ W = ? \\ \eta = ? \end{cases}$$

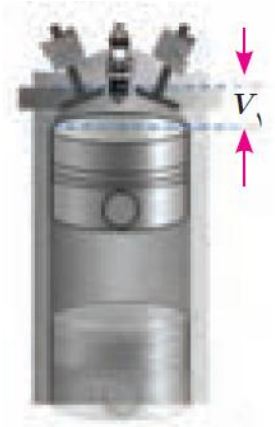
$$Q_H = |W| + |Q_L| \Rightarrow |W| = ۱۰۰۰۰ - ۴۰۰۰ = ۶۰۰۰\ J$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow \eta = \frac{۶۰۰۰}{۱۰۰۰۰} = ./۶ = ۶۰\%$$

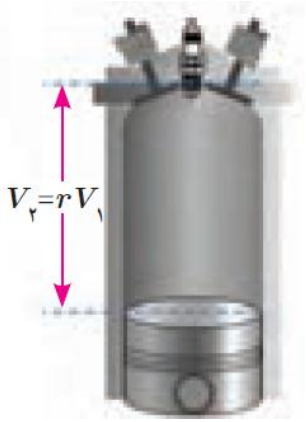
چندنکته:

درعمل ممکن نیست درماشین های بنزینی معمولی به نسبت تراکم بالاتراز ۱۰ وبرای ماشینهای بنزینی مدرن تا حدود ۱۴ دست یافت زیرا مخلوط سوخت و هوا چنان گرم می شودکه پیش ازجرقه زدن شمع، آتش می گیرد

نسبت تراکم در ماشین دیزل حتی تا مقدار ۲۳می رسدوهوا تا حدود$600^{\circ}C$ گرم می شود.در پایان تراکم(بی دررو) ،سوخت مایع به درون سیلندر پاشیده می شود.

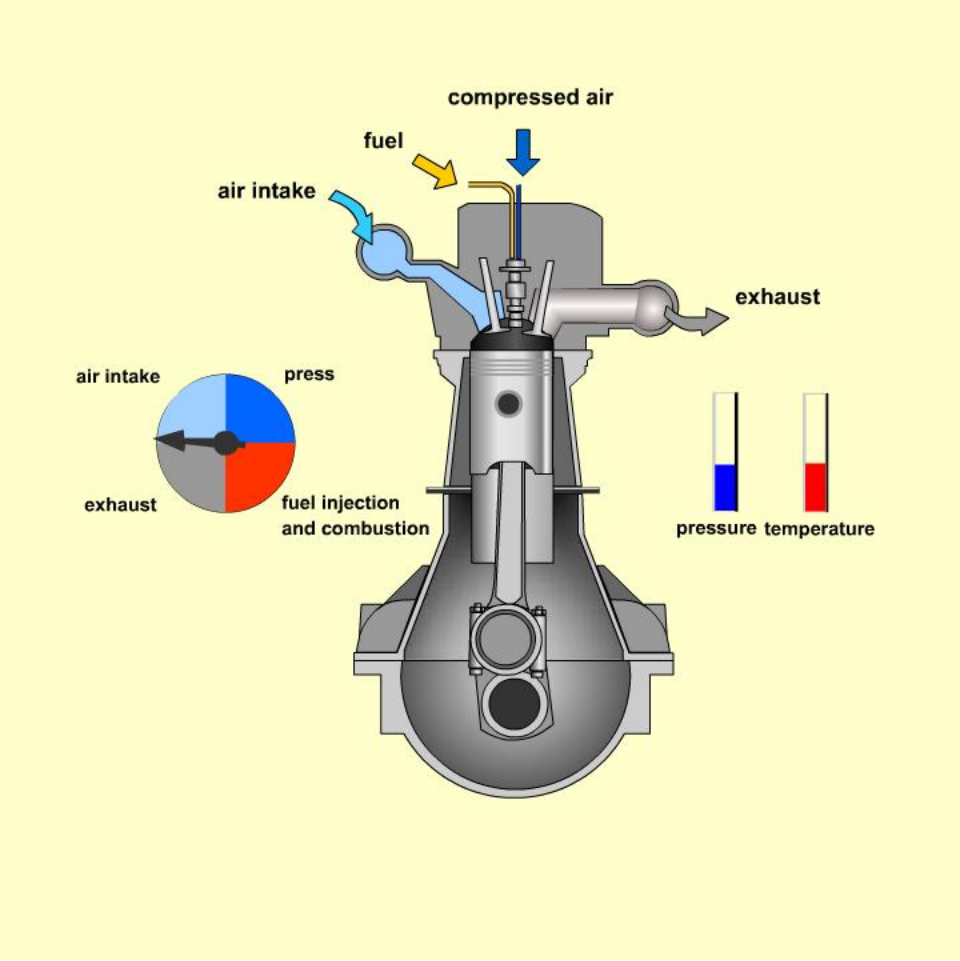


مرحله ی آتش گرفتن

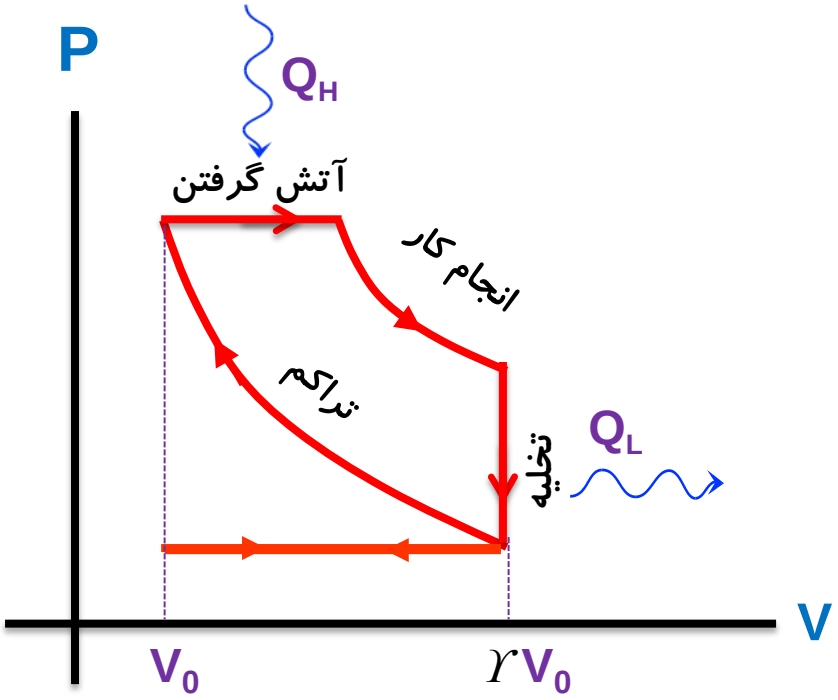


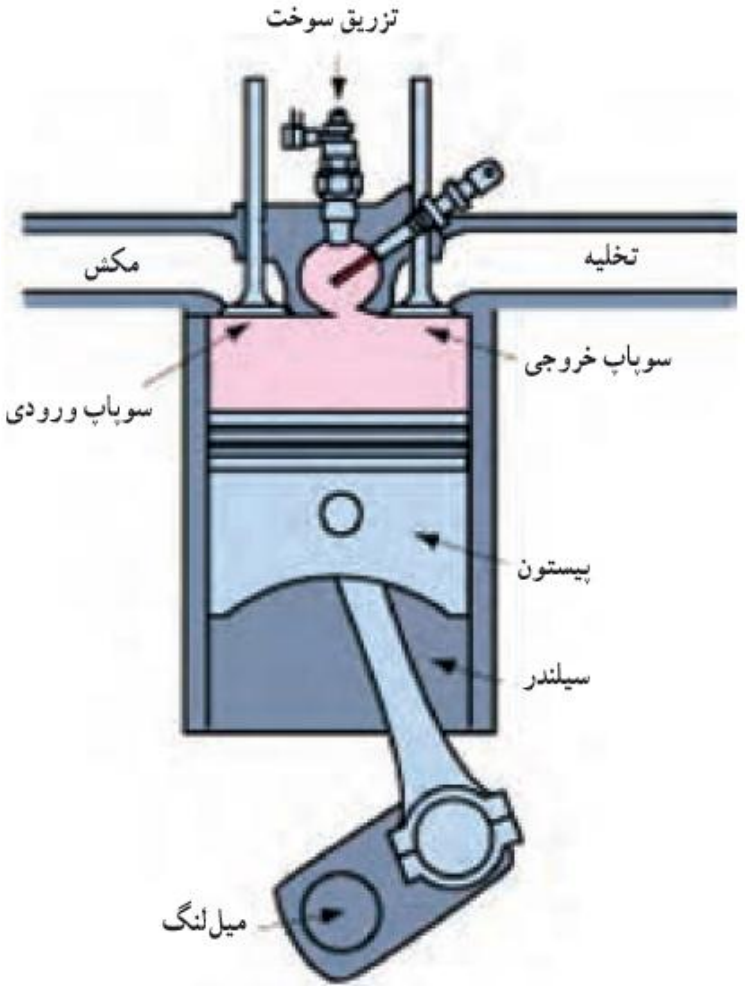
مرحله ی شروع تراکم

انیمیشن چرخه ی کریستین کارل دیزل:



چرخه ی کریستین کارل دیزل:





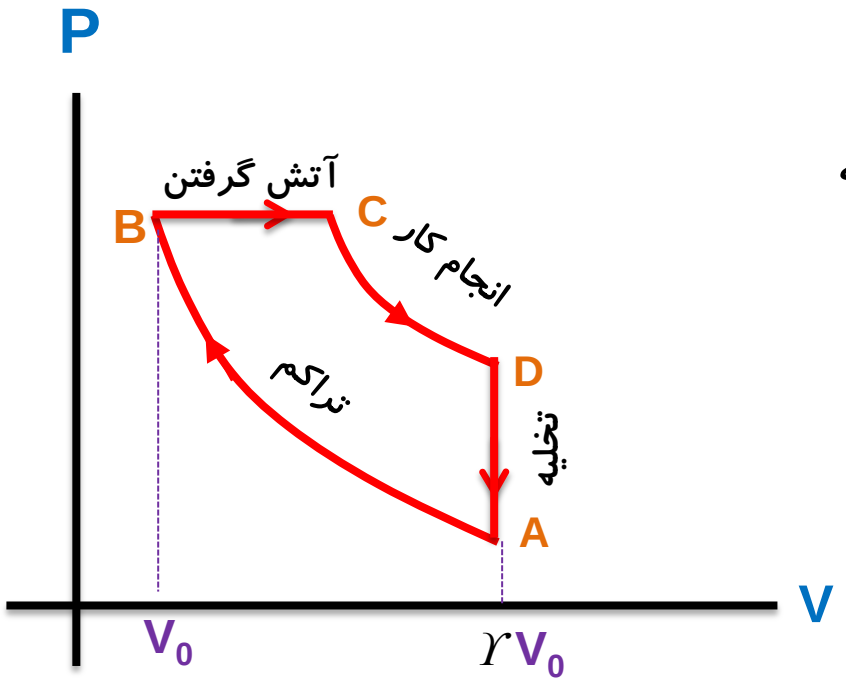
چرخه ی دیزل:

از A تا B – (فرآیند تراکم بی‌دررو) فقط هوا متراکم می‌شودتا اینکه دما به قدرکافی بالا رود.دراین مرحله سوختی در سیلندر نیست.

ازBتاC – (فرآیند هم‌فشار) میزان پاشیده شدن گازوئیل طوری تنظیم می شودکه درحین احتراق پیستون به سمت خارج حرکت کند

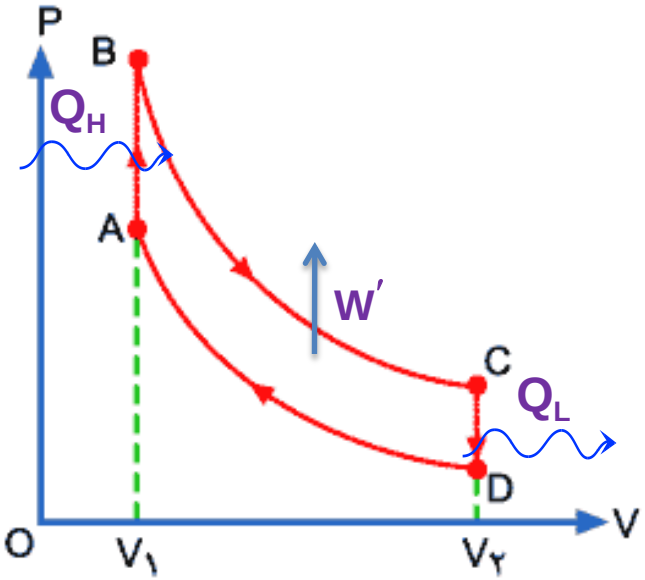
ازCتاD – (فرآیند انبساط بی‌دررو) ضربهٔ قدرت

ازD تا A – (فرآیند هم‌حجم) خروج گاز از دریچه



نکته:

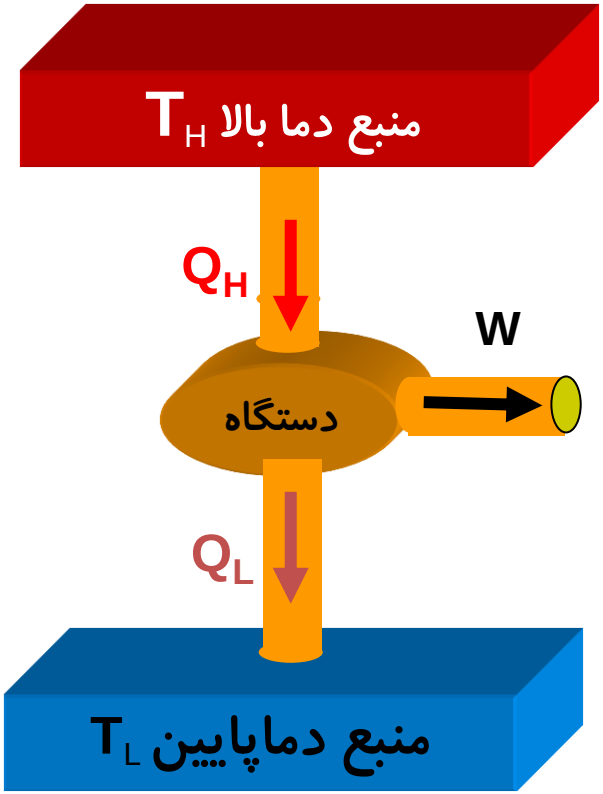
چرخه‌ی ماشین‌های گرمایی در نمودار P-V ، ساعتگرد است



نکته:

هر ماشین گرمایی بخشی از انرژی گرمایی دریافتی از منبع گرم را به کار تبدیل می‌کند و بقیه را به منبع سرد پس می‌دهد.

ماشین گرمایی نمی‌تواند تمام انرژی گرمایی دریافتی را به کار تبدیل کند.



$Q_H > 0$

$|W|$

$|Q_L|$

قانون دوم ترمودینامیک (به بیان ماشین گرمایی)

ممکن نیست دستگاه چرخه ای را بپیماید که در طی آن مقداری گرما را از منبع دمابالا جذب و تمام آن را به کار تبدیل کند.

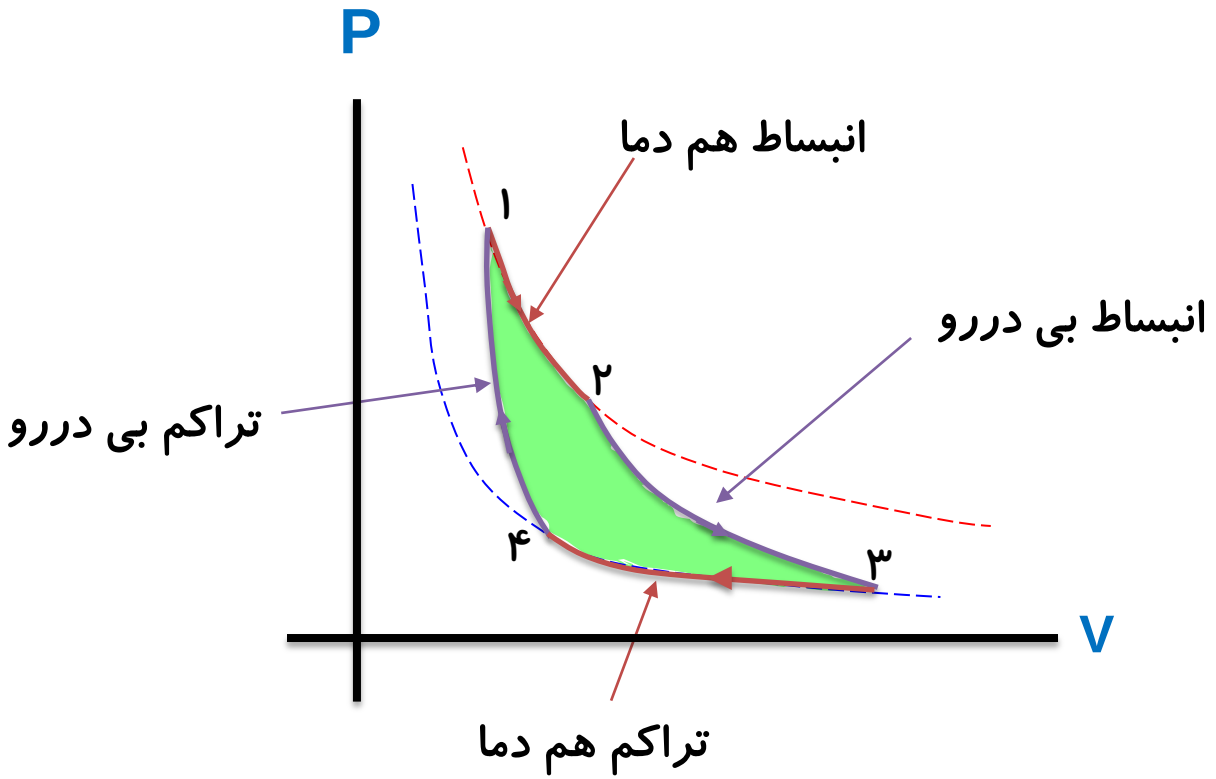
یعنی ممکن نیست بازدهٔ یک ماشین گرمایی برابر یک (۱۰۰ درصد) شود.

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow \eta \neq 1 \quad \text{یا} \quad Q_L \neq 0$$

چرخه‌ی کارنو

چرخه‌ی کارنو از دو فرآیند هم‌دما و دو فرآیند بی‌دررو تشکیل شده است .

قدر مطلق کار انجام شده توسط دستگاه سطح داخل منحنی می باشد.



چرخه‌ی کارنو

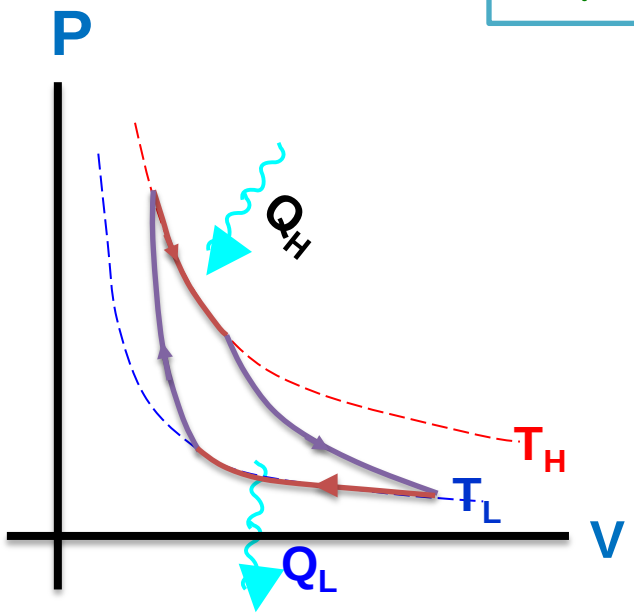
آقای کارنو یک ماشین گرمایی فرضی طراحی کردکه بازدهٔ‌آن بیشینه است. این ماشین فرضی را ماشین کارنوو چرخه‌ای راکه ماشین براساس آن کارمی‌کندچرخهٔ‌کارنومی‌نامند.

$$\eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H} \Rightarrow \eta_{max} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

دمای مطلق منبع دماپایین

دمای مطلق منبع دمابالا

$$\eta \leq \eta_{\text{کارنو}}$$

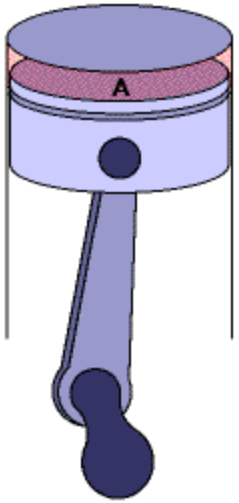


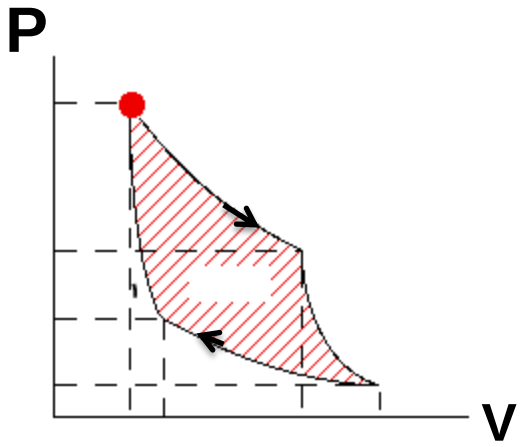
پرسش:

این چرخه چه نام دارد واز چه فرایندهایی تشکیل شده است؟

پاسخ

چرخه‌ی کارنو از دو فرآیند هم‌دما و دو فرآیند بی‌دررو تشکیل شده است .





تمرین:

مخترعی مدعی است ماشینی ساخته که بین نقطه های جوش و انجمادآب کار می کند و بازدهٔ آن ۷۰ درصد است. آیا ادعای این مختر می تواند درست باشد؟ توضیح دهید.

پاسخ

خیر

$$\theta_H = ۱۰۰^\circ C \Rightarrow T_H = ۱۰۰ + ۲۷۳ = ۳۷۳K$$

$$\theta_L = ۰^\circ C \Rightarrow T_L = ۲۷۳ + ۰ = ۲۷۳K$$

$$\eta_{max} = ? \Rightarrow \eta_{max} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow \eta_{max} = ۱ - \frac{۲۷۳}{۳۷۳} \Rightarrow \eta_{max} = ۱ - ./۷۳ \Rightarrow \eta_{max} = ./۲۷$$

بنابراین، بازدهٔ ماشین کارنو ۲۷ ٪ است و ادعای مختر درست نیست؛ زیرا بازدهٔ ماشین او از بیشترین بازده(ماشین فرضی کارنو) بیشتراست.

تست:

در یک ماشین گرمایی،ماده کاری با دمای مطلق ۱۵۷۵k واردماشین می‌گردد.اگردمای آن در چگالنده $42\ ^0C$ باشد ، بیشترین بازده ممکنه این ماشین چقدر است؟

۱) ۰/ ۸۰ ۲) ۰/ ۸۳ ۳) ۰/ ۴ ۴) ۰/ ۲

پاسخ

گزینه ۱ صحیح است.

$$T_H = ۱۵۷۵K$$

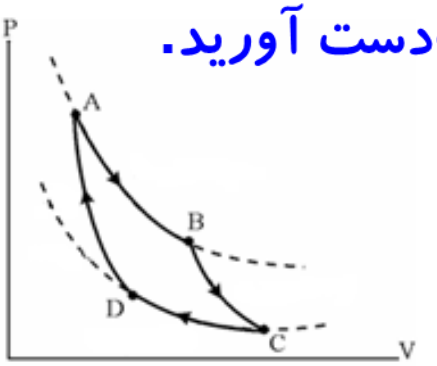
$$\theta_L = ۴۲^\circ C \Rightarrow T_L = ۲۷۳ + ۴۲ = ۳۱۵K$$

$$\eta_{max} = ? \Rightarrow \eta_{max} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow \eta_{max} = ۱ - \frac{۳۱۵}{۱۵۷۵} \Rightarrow \eta_{max} = ۱ - \frac{۱}{۵} \Rightarrow \eta_{max} = ۱ - ./۲$$

$$\eta_{max} = ./۸۰$$

تمرین:

اختلاف دمای بین دو منبع سردوگرم دریک ماشین کارنو^{0}C۳۶۰و بازده این ماشین%۶۰ است.دمای منبع‌های سرد و گرم این ماشین را برحسب کلوین به‌دست آورید.



پاسخ

$T_H = ۶۰۰k$

$T_L = ۲۴۰k$

$\Delta T = ۳۶۰\ K$

$\eta_{max} = ./۶$

$\eta_{max} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow ./۶ = ۱ - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow \frac{T_L}{T_H} = ./۴ \Rightarrow T_L = ./۴T_H$

$T_H - T_L = ۳۶۰$

$T_H = ?$

$T_L = ?$

$T_H - ./۴T_H = ۳۶۰ \Rightarrow ./۶T_H = ۳۶۰ \Rightarrow T_H = ۶۰۰k \Rightarrow$

$T_L = ./۴ \times ۶۰۰ = ۲۴۰k$

تمرین:

یک ماشین گرمایی درهرچرخه ، ۴۰۰۰Jگرما را ازمنبع گرم دریافت ول۱۵۰۰ کارروی محیط انجام می‌دهد.الف)این ماشین درهر چرخه چند ژول گرما به منبع سرد می‌دهد؟ ب) بازده‌ی گرمایی این ماشین را حساب کنید.

پاسخ

$|Q_L| = ۲۵۰۰J$

$\eta = ./۳۷۵$

الف)

$$\begin{cases} Q_H = ۴۰۰۰J \\ |W| = ۱۵۰۰J \\ |Q_L| = ? \\ \eta = ? \end{cases}$$

$$|W| = Q_H - |Q_L| \rightarrow |Q_L| = ۴۰۰۰ - ۱۵۰۰ = ۲۵۰۰J$$

ب)

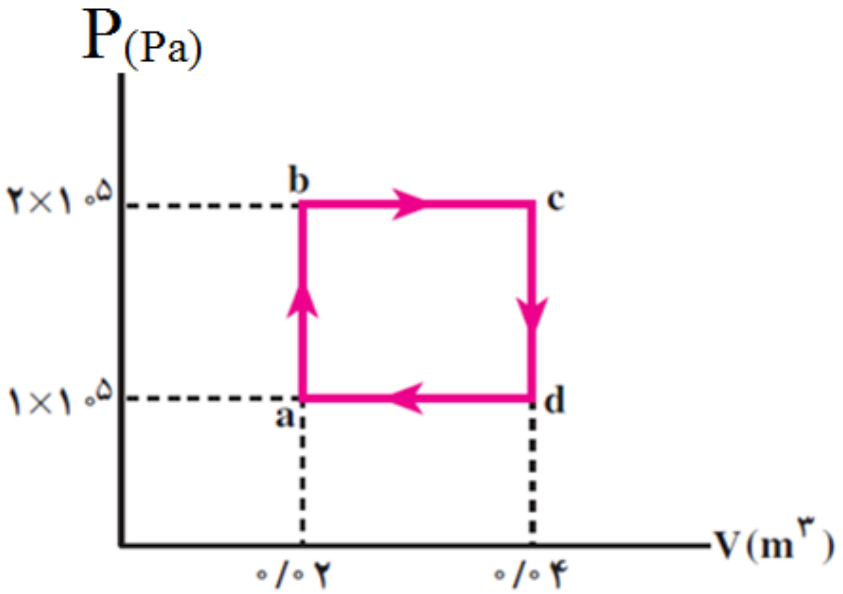
$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow \eta = \frac{۱۵۰۰}{۴۰۰۰} = ./۳۷۵ = ۳۷/۵\ \%$$

تمرین:

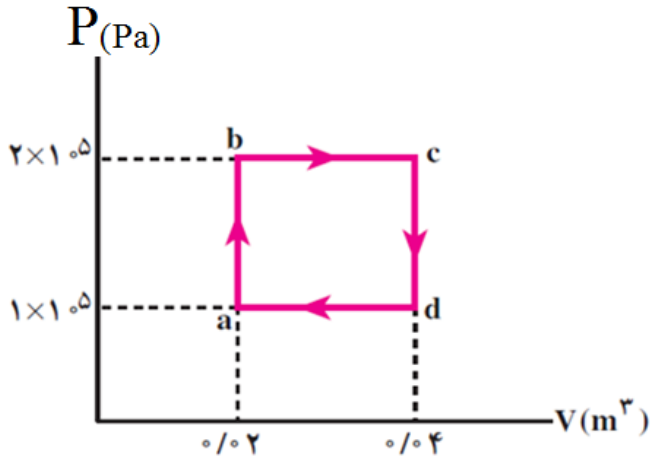
بازده‌ی یک ماشین گرمایی کارنو که بین بالاترین وپایین ترین دمای چرخه عمل می کند، چقدراست؟(یک مول گاز تک اتمی) $R \approx ۸ \, J/mol.k$

پاسخ

$\eta = ۷۵\%$



پاسخ بالاترین دمای این چرخه مربوط به حالت c و پایین‌ترین آن مربوط به a است :



$$T_H = \frac{P_c V_c}{nR} = \frac{۲\times۱۰^{۵}\times ./۰۴}{۱\times۸} = ۱۰۰۰K$$

$$T_L = \frac{P_a V_a}{nR} = \frac{۱\times۱۰^{۵}\times ./۰۲}{۱\times۸} = ۲۵۰K$$

$$\eta_{max} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} = ۱ - \frac{۲۵۰}{۱۰۰۰} = ./۷۵ = ۷۵\%$$

تمرین:

بازده یک ماشین گرمایی ۲۰٪ است.درهرچرخه چندکیلوژول گرما به منبع با دمای پایین می‌دهد،در صورتی که درهر چرخه ۱۰۰ کیلوژول گرما از منبع با دمای بالا کند؟

پاسخ

$$|Q_L| = ۸۰KJ$$

$$\begin{cases} \eta = ./۲ \\ |Q_L| = ? \\ Q_H = ۱۰۰KJ \end{cases}$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow |W| = ./۲ \times ۱۰۰ = ۲۰KJ$$

$$|W| = Q_H - |Q_L| \Rightarrow |Q_L| = ۱۰۰ - ۲۰ = ۸۰KJ$$

تست:

ماشین گرمایی که در هر چرخه KJ ۹و KJ ۶ به ترتیب کارمی‌دهدوگرما تلف می‌کند. بازده گرمایی آن کدام است ؟

۱) ٪۶۰ ۲) ٪۴۰ ۳) ٪۶۶ ۴) ٪۳۴

پاسخ

گزینه ۱ صحیح است.

$$\begin{cases} |W| = ۹KJ \\ |Q_L| = ۶KJ \\ \eta = ? \end{cases}$$

$$|W| = Q_H - |Q_L| \Rightarrow ۹ = Q_H - ۶ \Rightarrow Q_H = ۱۵KJ$$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow \eta = \frac{۹}{۱۵} \approx ./۶ = ۶۰\%$$

تست:

اگردریک ماشین گرمایی بین دو چشمه با دماهای ۲۰۰K و۵۰۰K کار کند، بیشترین بازده آن چند درصد است ؟

۱) ۴۰ ۲) ۶۰ ۳) ۸۰ ۴) ۲۰

پاسخ

گزینه ۲ صحیح است.

بیشترین بازده مربوط به زمانی است که با چرخه کارنو کار می‌کند:

$$\begin{cases} T_L = ۲۰۰\ k \\ T_H = ۴۰۰\ k \\ \eta_{max} = ? \end{cases} \quad \eta_{max} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow \eta_{max} = ۱ - \frac{۲۰۰}{۵۰۰} \Rightarrow \eta_{max} = ۱ - ./۴ = ./۶ = ۶۰\%$$

تست کنکور۹۵ریاضی

بازدهٔ یک ماشین گرمایی کارنو، ۳۰درصد است،اگربرحسب درجهٔ سلسیوس دمای منبع دمای بالای آن۴برابردمای منبع پایین آن باشد،دمای منبع پایین،چنددرجه سلسیوس است؟

۱) ۲۸ ۲) ۳۵/۵ ۳) ۴۵/۵ ۴) ۹۱

پاسخ

گزینه ۳ صحیح است.

$$\eta_{max} = ./۳ = \frac{۳}{۱۰} \qquad \eta_{max} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} = \frac{۳}{۱۰} \Rightarrow ۱ - \frac{۳}{۱۰} = \frac{T_L}{T_H}$$

$$\theta_H = ۴\theta_L \qquad \frac{T_L}{T_H} = \frac{۷}{۱۰} \Rightarrow \frac{\theta_L + ۲۷۳}{۴\theta_L + ۲۷۳} = \frac{۷}{۱۰}$$

$$\theta_L = ?$$

$$۲۸\theta_L + ۷ \times ۲۷۳ = ۱۰\theta_L + ۱۰ \times ۲۷۳$$

$$۱۸\theta_L = ۳ \times ۲۷۳ \Rightarrow \theta_L = \frac{۲۷۳}{۶} = ۴۵/۵^\circ C$$

تست کنکور۹۲ریاضی

اگردمای چشمهٔسردیک ماشین گرمایی راکه باچرخهٔکارنوکارمی کند ۱۰۰کلوین کاهش دهیم،بازده آن ازη به η + ۰/۲تبدیل می شود، دمای چشمه ی گرم این ماشین چند درجه ی سلسیوس است؟

۱) ۵۰۰ ۲) ۳۲۷ ۳) ۳۰۰ ۴) ۲۲۷

پاسخ

گزینه ۴ صحیح است.

$$\eta_{max} = ۱ - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\begin{cases} T'_L = T_L - ۱۰۰ \\ \eta'_{max} = \eta_{max} + ۰/۲ \\ \theta_H = ? \end{cases}$$

$$\eta'_{max} = ۱ - \frac{T'_L}{T_H} \Rightarrow \eta_{max} + ۰/۲ = ۱ - \frac{T_L - ۱۰۰}{T_H}$$

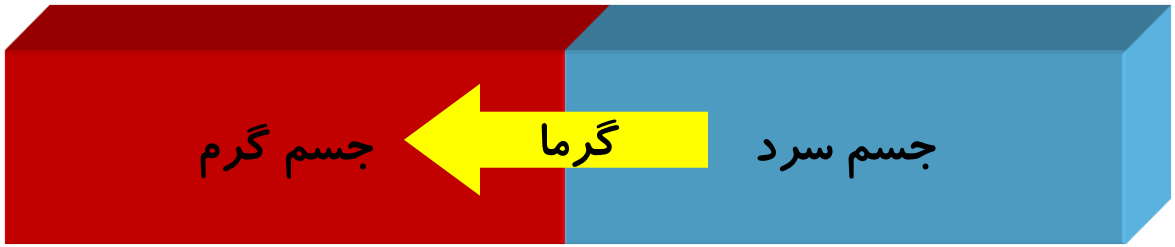
$$۱ - \frac{T_L}{T_H} + ۰/۲ = ۱ - \frac{T_L}{T_H} + \frac{۱۰۰}{T_H}$$

$$۰/۲ = \frac{۱۰۰}{T_H} \Rightarrow T_H = ۵۰۰k \Rightarrow \theta_H = ۲۲۷^\circ C$$

موضوع :یخچال

پرسش:

اِشکال تصویرِ زیرچیست؟



پاسخ

انتقال گرما ،خودبه خود از جسم سرد به جسم گرم انجام نمی‌گیرد، مگر این که بر روی دستگاه مورد نظر کاری صورت پذیرد

پرسش:

آیا امکان دارد یک بطری دربسته پراز آب در اتاق خود به خود سردتر شود؟ چگونه این کار امکان پذیر می شود؟

پاسخ

گرماخودبه خودازآب به اتاق منتقل نمی شودولی وقتی که آب رادرون یخچال قرارمی دهیم یخچال باصرف انرژی،مقداری گرمارا ازآب می گیردوبه هوای اتاق منتقل می کند.

بیان قانون دوم ترمودینامیک (به بیان یخچالی)

ممکن نیست گرما به طور خودبه خود از جسم با دمای پایین تر به جسم با دمای بالاتر منتقل شود. $W \neq 0$

ساختمان یخچال

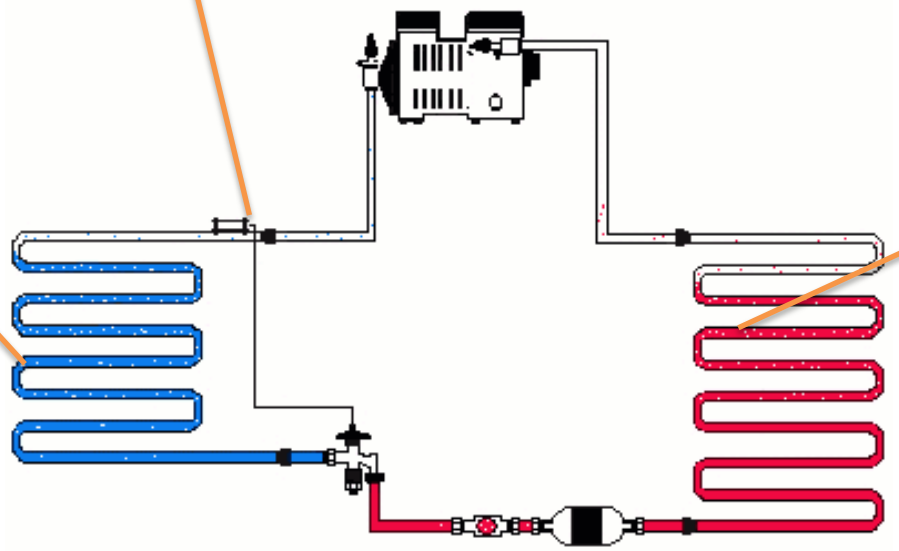
سردسازی به وسیله دستگاه(گاز فریون)

شیر خفقانشی

مایع پرفشارهنگام عبور از شیر
به شدت سردمی شود

قسمت یخ ساز

فریونِ مایع سردگرمامی گیرد
وبه بخار تبدیل می شود



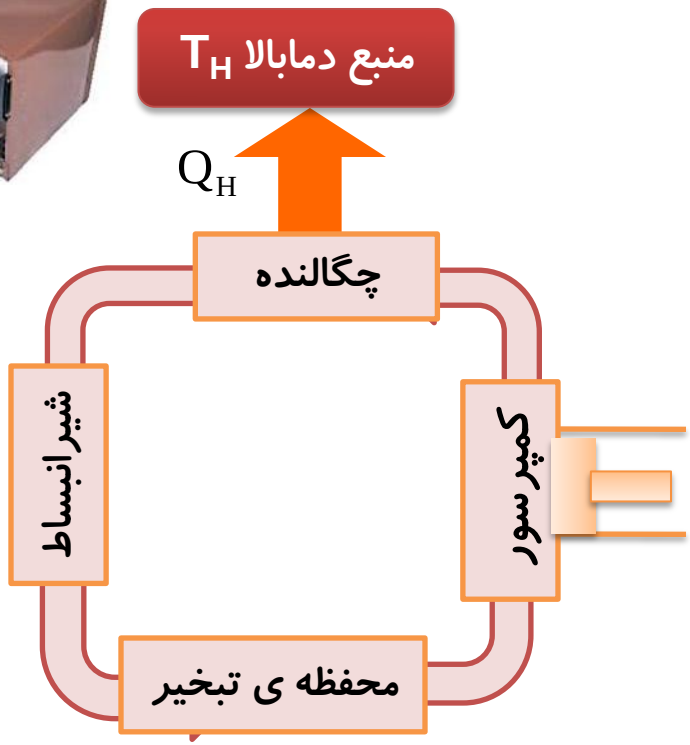
شبکه پشت یخچال

فریونِ مایع داغ گرما
ازدست می دهد

گازرافشرده وتبدیل
به مایعِ داغ می کند

موتور یخچال

سازوکاریخچال

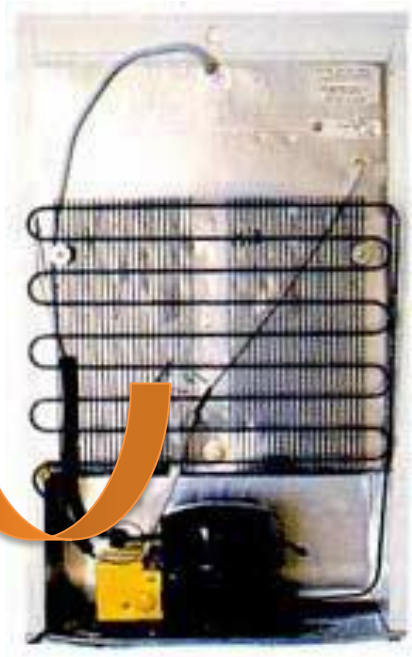


اصول کار یخچال

این است که بایدازجسمی که درون آن گذاشته‌ایم مقداری گرما بگیرد(Q_L)و سپس با انجام مقداری کار W (که همان کارموتوریخچال است) مقدارگرمای گرفته شده را به منبع دمابالا بدهد (Q_H).

(Q_L)

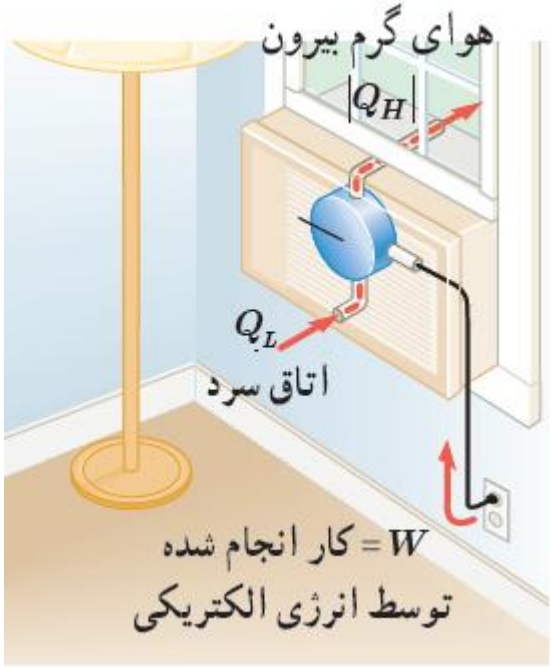
(Q_H)



طرزکارکولر گازی

مانندیخچال است.درکولرگازی منبع دماپایین هوای اتاق ومنبع دمابالا هوای بیرون است.

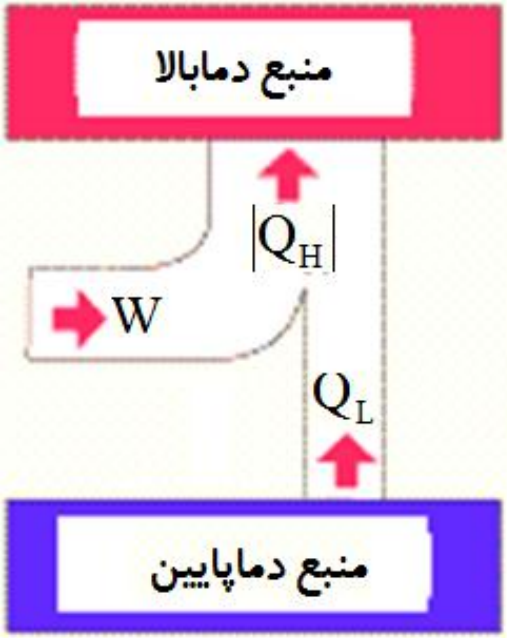
کولربا انجام کار،گرما را از داخل اتاق می گیردو به هوای بیرون می دهد .



تعریف ضریب عملکرد یخچال K

نسبت گرمای گرفته شده از منبع دماپایین Q_L به کاری که موتوریخچال W انجام می دهد.

$$k = \frac{Q_L}{W}$$

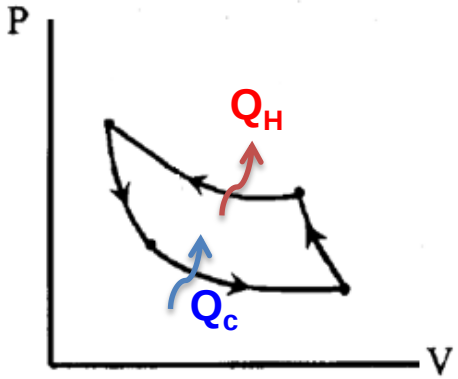


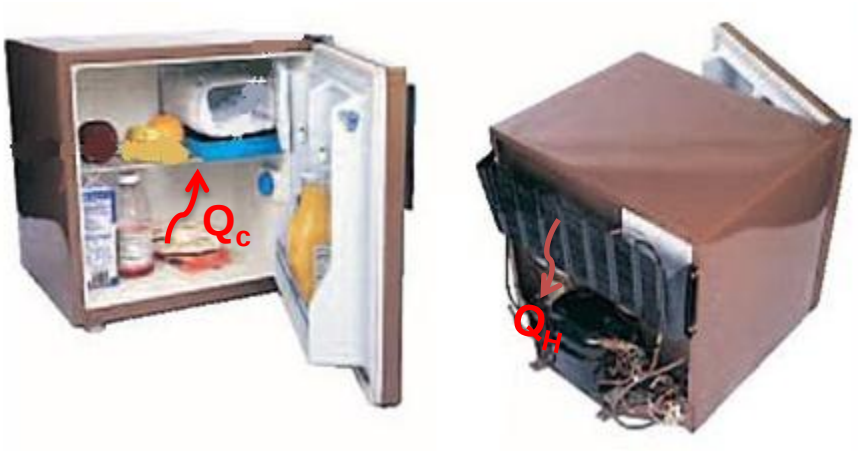
چندنکتهٔ مهم:

۱-هرچه ضریب عملکرد یخچال K بیشتر باشد استفاده ازآن مقرون به صرفه تر است.

۲-ضریب عملکرد یک یخچال خانگی درحدود ۵و برای کولرهای گازی در حدود ۲/۵ است.

۳-چرخهٔ یخچال در نمودارP-V پادساعتگرد است





پرسش:

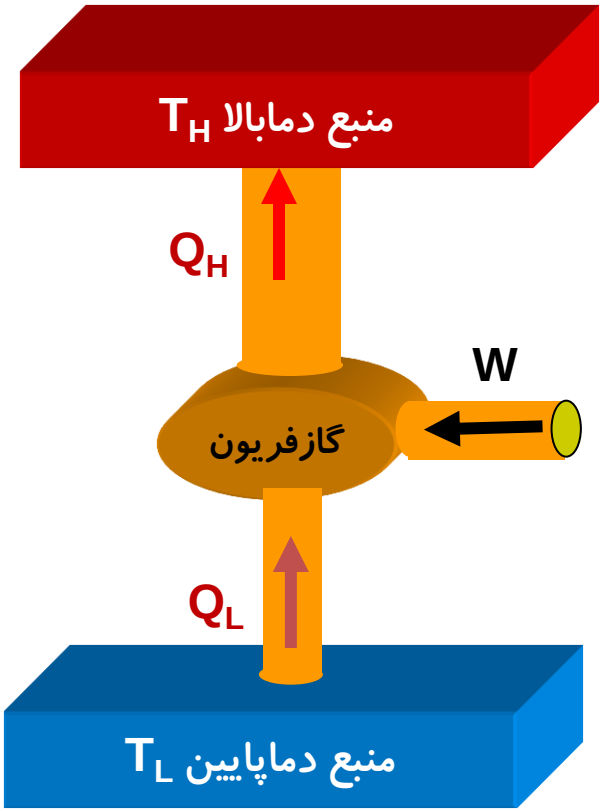
از نظر اقتصادی بهترین یخچال، چه یخچالی است؟

پاسخ

یخچالی است که باانجام **کارکمتر**(مصرف برق کمتر)**گرمای** بیشتری را ازدرون یخچال(**منبع دماپایین می گیرد**)به بیرون یخچال(منبع دما بالا) منتقل کند .

علامت کاروگرمای مبادله شده در یخچال

یخچال: نوعی ماشین گرمایی است که در جهت وارون کار می‌کند.



$Q_H \langle . \quad W \rangle . \quad Q_L \rangle .$

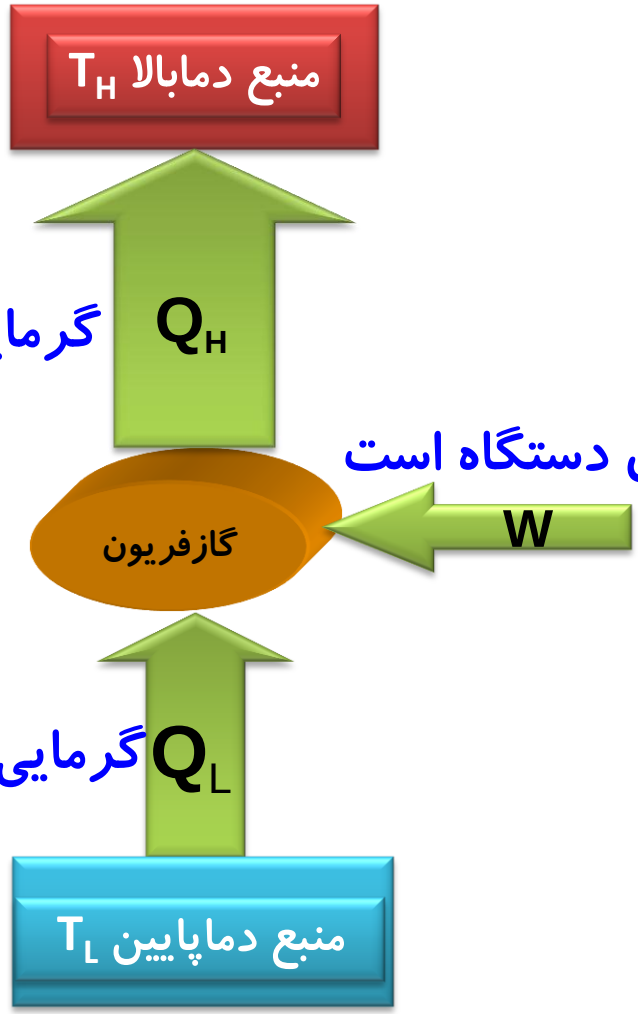
قانون اول ترمودینامیک برای یخچال

چون یخچال یک چرخه را تکرار می‌کند، در هر چرخه $\Delta U = 0$ است ، داریم:

$$\Delta U = Q + W \begin{cases} \Delta U = 0 \\ Q = Q_L - |Q_H| \end{cases} \Rightarrow 0 = Q_L - |Q_H| + W \Rightarrow |Q_H| = Q_L + W$$

فرمول قانون اول ترمودینامیک برای یخچال

$$|Q_H| = Q_L + W$$



گرمایی که دستگاه به منبع دمابالا می‌دهد

کار انجام شده برروی دستگاه است

گرمایی که دستگاه ازمنبع دما پایین می‌گیرد

رابطهٔ ضریب عملکرد یخچالهای آرمانی باقانون اول ترمودینامیک

$$\left.\begin{array}{l} k = \dfrac{Q_L}{W} \\ |Q_H| = Q_L + W \Rightarrow W = |Q_H| - Q_L \end{array}\right\} \Rightarrow k = \frac{Q_L}{|Q_H| - Q_L}$$

ضریب عملکرد یخچال کارنو

بیشترین ضریب عملکرد یخچال را ضریب عملکرد یخچال کارنو می گویند که ازرابطهٔ زیربه دست می آید.

$$k_{\text{کارنو}} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

دمای مطلق منبع دماپایین

دمای مطلق منبع دمابالا

نکته:

ضریب عملکردهریخچال دیگری نمی تواندازضریب عملکرد یخچال کارنو بیشترباشد

$$k \le k_{\text{کارنو}}$$

پرسش۵-۳:

با فرض آنکه بتوان ضریب عملکرد یک یخچال را با ضریب عملکرد یخچال کارنو توصیف کرد، به گمان شما یک کولرگازی درآب و هوای معتدل بهتر کار می کند، یا درآب و هوای گرم؟

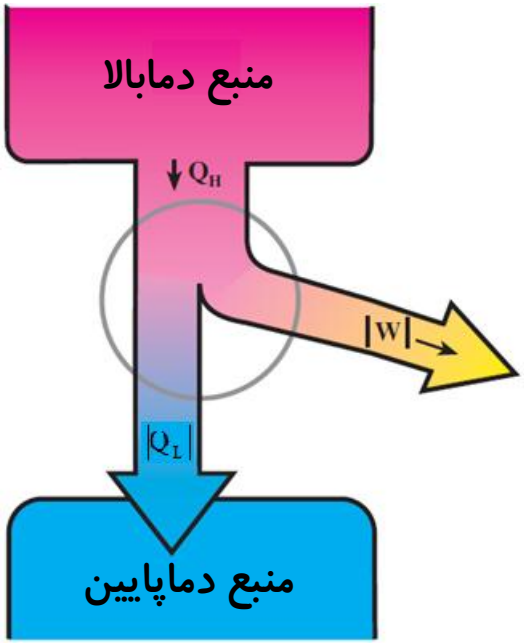
پاسخ:

باتوجه به رابطه ضریب عملکردیخچال کارنو $K = \frac{T_L}{T_H - T_L}$ هرچه دمای دو منبع گرما به یکدیگرنزدیکترباشد (یعنی هرچه T_H-T_Lکوچک تر باشد)مقدارKبیشتراست.بنابراین نتیجه می گیریم کولرگازی در آب و هوای معتدل که اختلاف دمای دو منبع در آن کمتر از اختلاف دمای درون و بیرون خانه در هوای گرم است، بهتر عمل می کند.

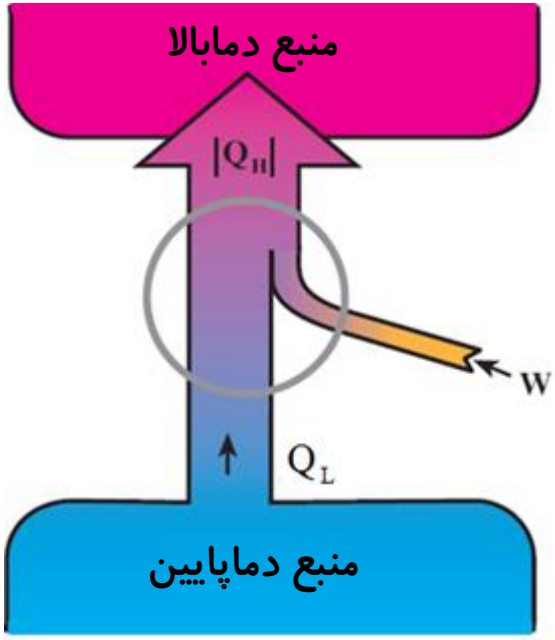
پرسش:

فرق ماشین گرمایی با یخچال چیست؟

پاسخ



$$Q_H = |Q_L| + |W|$$



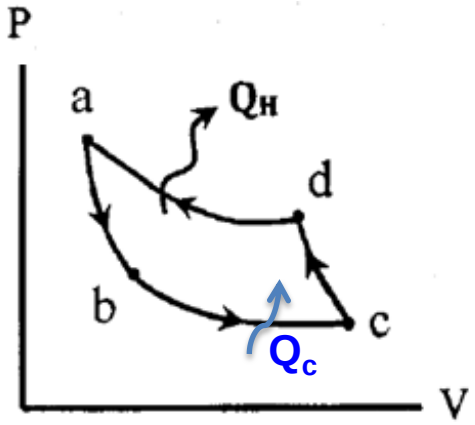
$$|Q_H| = Q_L + W$$

تمرین:

شکل زیرنمودار P-Vی چرخه ای که دستگاه دریک یخچال فرضی طی می کندرانشان می دهد.

الف)اگرمساحت داخل چرخه ۲kJباشدوگرمایی که درهرچرخه دستگاه به محیط می دهد ۸ kJ باشد،دستگاه درهر چرخه چه مقدارگرماازمنبع سردمی گیرد؟

ب)ضریب عملکردیخچال را محاسبه کنید.



پاسخ

bc

$|Q_c| = ۶KJ$

$k = ۳$

$$\begin{cases} W = ۲KJ \\ |Q_H| = ۸KJ \\ Q_L = ? \\ k = ? \end{cases}$$

$$|Q_H| = Q_L + W \rightarrow ۸ = |Q_L| + ۲ \rightarrow |Q_L| = ۶KJ$$

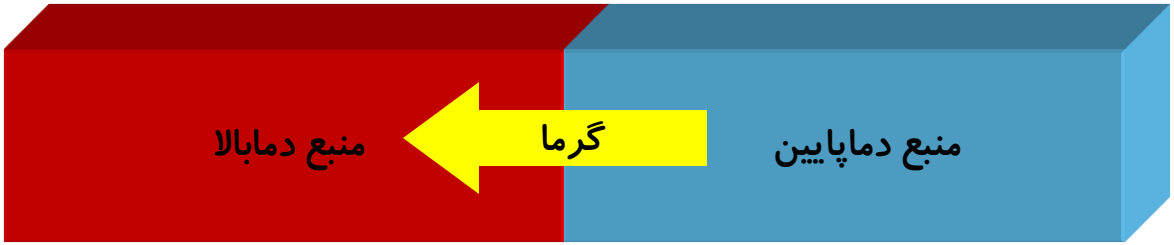
$$k = \frac{Q_L}{W} \rightarrow k = \frac{۶}{۲} = ۳$$

پرسش:

چگونه می توان نشان دادکه دو بیان ماشین گرمایی ویخچالی قانون دوم ترمودینامیک معادل یکدیگرند؟

پاسخ

اگرقانون دوم به بیان یخچالی نقض شود(یعنی گرما به طورخودبه خود ازمنبع دماپایین به منبع دما بالامنتقل شود)قانون دوم به بیان ماشین گرمایی نیزنقض می شود(یعنی می توان ماشینی ساخت که دریک چرخه تمام گرما را به کار تبدیل کند)وبر عکس .



پرسش:

آیا می توان با باز گذاشتن درِ یخچال در آشپزخانه، هوای آشپزخانه را خنک کرد؟

پاسخ

خیر یخچال با مصرف انرژی الکتریکی W گرمای Q_L را از فضای اتاق می گیردو گرمای $|Q_H|=Q_L+W$ را به محیط یعنی اتاق می دهد و چون Q_H بزرگتر از Q_L است اتاق گرمتر می شود

فرمولهای یخچال

$$\begin{cases} k = \dfrac{Q_L}{W} \\ W = Pt \end{cases} \Rightarrow k = \frac{Q_L}{Pt}$$

$$\begin{cases} k = \dfrac{Q_L}{W} \\ |Q_H| = Q_L + W \end{cases} \Rightarrow k = \frac{Q_L}{|Q_H| - Q_L}$$

پرسش:

چگونه می توان ضریب عملکرد یخچال را افزایش داد؟

پاسخ

اگردمای منبع دماپایین کم**باشدبا انجام کار** W **کمتری می توان** Q_H **رابه منبع دمابالا داد.**

$$k = \frac{Q_L}{W}$$

۱-پشت یخچال پنکه ای مخصوص برای خنک کردن موتور گذاشت.

۳-یخچال راکناراجاق گاز قرار ندهیم.

۲-فاصله ی یخچال تادیوارحداقل ۲۰cm باشد.

۴-نواردریخچال(عایق بندی) مناسب باشد تایخچال با انجام کارکمتری ،بتواند مواد غذایی راخنک نگه دارد.

قانون های ترمودینامیک

به بیان ماشین گرمایی

قانون اول ترمودینامیک: $Q_H = |Q_L| + |W|$

قانون دوم ترمودینامیک: $Q_L \neq 0$ یا $\eta \neq 1$

ممکن نیست دستگاه چرخه ای را بپیماید که در طی آن مقداری گرما را از منبع دمابالا جذب و تمام آن را به کار تبدیل کند.

به بیان یخچال

قانون اول ترمودینامیک: $|Q_H| = Q_L + W$

قانون دوم ترمودینامیک: $W \neq 0$

ممکن نیست گرما به طور خودبه خود از جسم با دمای پایین تر به جسم با دمای بالاتر منتقل شود.

تمرین

یک کولر گازی بین دو دمای $47\ ^0C$ و $20\ ^0C$ کار می کند. ضریب عملکرد کارنوی این کولر (حدبالای ضریب عملکرد) چه قدر می تواند باشد؟

پاسخ

$$\begin{cases} T_L = ۲۰ + ۲۷۳ = ۲۹۳\ k \\ T_H - T_L = ۴۷ - ۲۰ = ۲۷\ k \\ k_{\text{کارنو}} = ? \end{cases}$$

$$k_{\text{کارنو}} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

$$k_{\text{کارنو}} = \frac{۲۹۳}{۲۷}$$

$$k_{\text{کارنو}} \approx ۱۰/۸۵$$

تمرین:

یک یخچال با موتور الکتریکی به توان ۱/۱kw،درمدت ۱۰۰ ثانیه، مقدار۵/. kg آب ۲۵ ^{0}Cرا به یخ صفردرجه تبدیل می‌کند .ضریب عملکرد یخچال را به‌دست آورید.

$$L_F = ۳۳۵\frac{kJ}{kg} \quad , \quad c = ۴۲۰۰\frac{J}{kg.K}$$

پاسخ

$$k = ۲$$

پاسخ

گرمایی که گاز فریون باید از آب بگیرد، برابر است با:

$$\text{یخ } 0^{\circ}C \Rightarrow \text{آب } 0^{\circ}C \Rightarrow \text{آب } 25^{\circ}C$$

$P = 1100\,W$

$t = 100\,s$

$m = 0/5\,kg$

$\theta_1 = 25^{\circ}C$

$\theta_2 = 0^{\circ}C$

$k = ?$

$C = 4200\ \frac{J}{kg.k}$

$L_F = 335\times10^{3}\ \frac{J}{kg}$

$$Q_L = |mc\Delta\theta| + |mL_F|$$

$$Q_L = |0/5\times4200\times(0-25)| + |0/5\times335\times10^{3}| = 2/2\times10^{5}\,J$$

$$W = Pt \Rightarrow W = 1100\times100 = 1/1\times10^{5}\,J$$

$$k = \frac{Q_L}{W} \Rightarrow k = \frac{2/2\times10^{5}}{1/1\times10^{5}} = 2$$

تست:

توان موتوریک یخچال ۱۰۰وات وضریب عملکرد آن ۲ است. چندثانیه طول می‌کشدتا این یخچال ازمقداری آب ۲۰۰KJ گرمابگیرد؟

۱) ۱ ۲) ۱۰ ۳) $۱۰^{۳}$ ۴) $۱۰^{۴}$

پاسخ

گزینه ۳ صحیح است.

$$\begin{cases} P = ۱۰۰w \\ k = ۲ \qquad k = \dfrac{Q_L}{W} \\ t = ? \qquad W = Pt \\ Q_L = ۲۰۰KJ \end{cases} \Rightarrow k = \frac{Q_L}{Pt} \Rightarrow t = \frac{Q_L}{Pk} \Rightarrow t = \frac{۲۰۰\times ۱۰^{۳}}{۱۰۰\times ۲} \Rightarrow$$

$$t = ۱۰^{۳}s$$

تست:

ضریب عملکردیک یخچال ۴ است ودرهرساعت ۱kg آب بادمای $20^{\circ}C$ را به یخ $-10^{\circ}C$ تبدیل می‌کند. مقدار انرژی الکتریکی مصرف شده در هر ساعت چند کیلوژول است ؟

($L_f = 340\ KJ/kg$ و C آب $=4KJ/Kg^{\circ}c$ و C یخ $=2\ KJ/kg^{\circ}c$)

۱) $\frac{1}{11}$ ۲) ۲۲۰ ۳) ۵۵ ۴) ۱۱۰

پاسخ

یخ $-10\ ^{\circ}C \Rightarrow$ یخ $0\ ^{\circ}C \Rightarrow$ آب $0^{\circ}C \Rightarrow$ آب $20\ ^{\circ}C$

گزینه ۴ صحیح است.

$$Q_L = |mc\Delta\theta|_{\text{آب}} + |mL_F| + |mc\Delta\theta|_{\text{یخ}}$$

$$Q_L = |1\times 4\times 20| + |1\times 340| + |1\times 2\times 10|$$

$$Q_L = 80 + 340 + 20 = 440KJ$$

$$k = \frac{Q_L}{W} \rightarrow 4 = \frac{440}{W} \rightarrow W = \frac{440}{4} = 110KJ$$

تمرین:

ضریب عملکردیک یخچال ۵ است.اگر پس از۵ دقیقه،مقدار ۱۸×۱۰^{۵} ژول گرما از محفظه‌ی یخ‌ساز گرفته شود، توان موتور یخچال چند کیلووات است؟

پاسخ

$P=۱/۲kw$

$$\begin{cases} k=۵ \\ t=۵\min=۳۰۰s \\ Q_L=۱۸\times۱۰^{۵}J \\ P=?kw \end{cases} \qquad \begin{cases} k=\dfrac{Q_L}{W} \\ W=Pt \end{cases} \quad k=\dfrac{Q_L}{Pt} \rightarrow P=\dfrac{Q_L}{kt} \rightarrow$$

$$P=\frac{۱۸\times۱۰^{۵}}{۵\times۳۰۰} \rightarrow P=۱/۲\times۱۰^{۳}w=۱/۲kw$$

تست کنکور۹۴ریاضی

اگرضریب عملکردیخچال(۱)،۱/۵برابرضریب عملکردیخچال(۲)باشد و توان الکتریکی این دویخچال باهم برابرباشد،دریک بازهٔزمانی که هردویخچال روشن هستند،گرمایی که یخچال(۱)به بیرون می دهدچندبرابر گرمایی است که یخچال(۲)به بیرون می دهد

۱) $\frac{۳}{۲}$ ۲) $\frac{۴}{۳}$ ۳) $\frac{۵}{۴}$ ۴) بستگی به اندازه ضریب عملکرد یخچال ها دارد.

پاسخ

گزینه ۴ صحیح است.

$$\begin{cases} k_۱ = ۱/۵k_۲ \\ P_۱ = P_۲ \\ \Delta t_۱ = \Delta t_۲ \\ \frac{Q_{H_۱}}{Q_{H_۲}} = ? \end{cases} \quad \begin{cases} |Q_H| = Q_L + W \\ k = \frac{Q_L}{W} \rightarrow Q_L = kW \end{cases} \Rightarrow |Q_H| = W(k+۱)$$

$$\frac{|Q_{H_۱}|}{|Q_{H_۲}|} = \frac{W_۱(k_۱+۱)}{W_۲(k_۲+۱)} \rightarrow \frac{|Q_{H_۱}|}{|Q_{H_۲}|} = \frac{(۱/۵k_۲+۱)}{(k_۲+۱)}$$

چون ضریب عملکرد این دو یخچال را نداریم ،پس مقدار این نسبت معلوم نخواهد بود.

تست:

دریک یخچال می‌خواهیم m گرم یخ صفردرجه را به یخ $-10\ ^{0}C$ تبدیل کنیم. اگرمقدار کاری که به دستگاه واردمی‌شود ۵۰۰ ژول و مقدار گرمایی که به محیط بیرون یخچال داده می‌شود 1KJ باشد ، جرم یخ چند گرم است ؟ (گرمای ویژه یخ $۲\ \frac{KJ}{kg\cdot c}$ است.)

۱) ۵ ۲) ۲۵ ۳) ۱۵ ۴) ۳۰

پاسخ

گزینه ۲ صحیح است.

$W = ۵۰۰J$

$\Delta\theta = -۱۰^{\circ}c$

$Q_H = ۱۰۰۰J$

$m = ?$

$c = ۲۰۰۰\ \frac{J}{kg\cdot c}$

$|Q_H| = Q_L + W \rightarrow ۱۰۰۰ = Q_L + ۵۰۰ \rightarrow Q_L = ۵۰۰J$

$Q_L = |mc\Delta\theta| \rightarrow m = \left|\frac{Q_L}{c\Delta\theta}\right| \rightarrow m = \left|\frac{۵۰۰}{۲۰۰۰\times(-۱۰)}\right| \rightarrow$

$m = ./۰۲۵kg = ۲۵g$

تست:

ضریب عملکرد یخچالی ۳ و توان موتور آن ۲۵۰ وات است. این یخچال در چه مدت ۲۵۰ گرم آب صفردرجه سلسیوس را به یخ صفر درجه سلسیوس تبدیل می‌کند؟

$L_F = ۳۳۶ \frac{kJ}{Kg}$

۱) ۵۶ ۲) ۱۱۴ ۳) ۱۱۲ ۴) ۳۳۶

پاسخ

گزینه ۳ صحیح است.

$$\begin{cases} k = ۳ \\ P = ۲۵۰w \\ t = ? \\ m = ./۲۵۰kg \\ ۰^0c \text{ آب} \Rightarrow ۰^0c \text{ یخ} \\ L_F = ۳۳۶\times ۱۰^{۳} \frac{J}{Kg} \end{cases}$$

$$k = \frac{Q_L}{W} \begin{cases} Q_L = mL_F \\ W = Pt \end{cases} \Rightarrow k = \frac{mL_F}{Pt} \Rightarrow t = \frac{mL_F}{Pk}$$

$$t = \frac{./۲۵\times ۳۳۶\times ۱۰^{۳}}{۲۵۰\times ۳} \Rightarrow t = ۱۱۲s$$

برگشت خروج

تست:

توان یخچالی ۵۰۰ W وضریب عملکرد ۱ است.اگر گرمای نهان ذوب یخ ۳۰۰ KJ/Kg باشد چه مقدار یخ در یک ساعت تولید می‌کند؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

پاسخ

گزینه ۴ صحیح است.

$$\begin{cases} P = ۵۰۰\,w \\ k = ۱ \\ L_F = ۳۰۰ \frac{KJ}{Kg} \\ m = ? \\ t = ۱h = ۳۶۰۰\,s \end{cases}$$

$$k = \frac{Q_L}{W} \begin{cases} Q_L = mL_F \\ W = Pt \end{cases} \rightarrow k = \frac{mL_F}{Pt} \rightarrow m = \frac{Pkt}{L_F}$$

$$m = \frac{۵۰ \times ۱ \times ۳۶۰۰}{۳۰۰,۰۰۰} \rightarrow m = ./۶kg = ۶۰۰g$$

تست:

در یک یخچال ضریب عملکرد ۶ می‌باشد و کاری به اندازه ۱۰۰۰ J روی دستگاه انجام می‌شود. گرمای داده شده به چشمه گرم چند ژول است ؟

۱) ۶۴۰۰ ۲) ۷۰۰۰ ۳) ۵۰۰۰ ۴) ۷۵۰

پاسخ

گزینه ۲ صحیح است.

$$\begin{cases} k = ۶ \\ W = ۱۰۰۰J \\ Q_H = ? \end{cases}$$

$$k = \frac{Q_L}{W} \rightarrow ۶ = \frac{Q_L}{۱۰۰۰} \rightarrow Q_L = ۶ \times ۱۰۰۰ = ۶۰۰۰J$$

$$|Q_H| = Q_L + W \rightarrow |Q_H| = ۶۰۰۰ + ۱۰۰۰ = ۷۰۰۰J$$

تست:

یک یخچال که مطابق یخچال کارنوکار می‌کنددرهردقیقه تکه یخی به جرم ۱۰ گرم ودمای $0^{0}C$ تولید می‌کند. دمای آب وارده به یخچال $0^{0}C$ و دمای هوای اتاق $273^{0}C$ است.اگر گرمای نهان ذوب یخ $300KJ/Kg$ باشد، چه توان الکتریکی ورودی موردنیازاست ؟

۱) ۲۵ ۲) ۱۵۰ ۳) ۵۰ ۴) ۱۰۰

پاسخ

گزینه ۳ صحیح است.

$$\begin{cases} t = 1\min = 60s \\ m = 10g = 10^{-2}kg \\ \theta = 0^{\circ}C \\ T_H = 2\times 273\ k \\ L_F = 300\frac{KJ}{Kg} \\ P = ? \end{cases}$$

$$Q_L = mL_F \rightarrow Q_L = 10^{-2}\times 300\times 10^{3} = 3000J$$

$$\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H} \rightarrow \frac{3000}{Q_H} = \frac{273}{2\times 273} \rightarrow Q_H = 6000J$$

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow P = \frac{Q_H - Q_L}{t} \rightarrow P = \frac{6000-3000}{60} = 50w$$

تست:

یخچالی باضریب عملکرد۵ ، درمدت ۲۰ ثانیه ، ۱۰ KJ گرما از چشمه سردی می گیرد. توان موتور این یخچال چند کیلووات است ؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۱ ۳) ۰/ ۱ ۴) ۱۰

پاسخ

گزینه ۳ صحیح است.

$$\begin{cases} k = ۵ \\ t = ۲۰s \\ Q_C = ۱۰KJ \\ P = ? \end{cases} \quad \begin{cases} k = \dfrac{Q_L}{W} \\ W = Pt \end{cases} \Rightarrow k = \frac{Q_L}{Pt} \Rightarrow P = \frac{Q_L}{kt} \Rightarrow P = \frac{۱۰}{۵ \times ۲۰}$$

$$p = ./۱kw$$

تست کنکور۹۳ریاضی

ضریب عملکرد یخچالی برابر با ۴ است. این یخچال ۲kg آب با دمای $10^{\circ}C$ را به یخ $-8^{\circ}C$ تبدیل کرده است. یخچال در این فرآیند چند KJ گرما به محیط بیرون داده است؟ ($C_{\text{آب}} = 2C_{\text{یخ}} = 4200 \frac{J}{Kg.^{\circ}C}$ و $L_F = 336 \frac{kJ}{Kg}$)

۱) ۴۳۳ ۲) ۴۹۳ ۳) ۸۶۷ ۴) ۹۸۷

پاسخ

گزینه ۴ صحیح است.

$k = ?$

$m = 2kg$

$\theta_{1\text{آب}} = 10^{\circ}C$

$\theta_{2\text{یخ}} = -8^{\circ}C$

$Q_H = ?$

یخ $-8^{\circ}C$ ⇒ یخ $0^{\circ}C$ آب ⇒ آب $0^{\circ}C$ آب $10^{\circ}C$

$$Q_L = |mc\Delta\theta|_{\text{آب}} + |-mL_F| + |mc\Delta\theta|_{\text{یخ}}$$

$$Q_L = |2 \times 4200 \times (100 - 0)| + |-2 \times 336000| + |2 \times 2100 \times (0 + 8)|$$

$$Q_L = 84000 + 672000 + 33600 = 789/2KJ$$

$$k = \frac{Q_L}{W} \Rightarrow W = \frac{Q_L}{k} \Rightarrow W = \frac{789/2}{4} = 197/4KJ$$

$$|Q_H| = Q_L + W \Rightarrow |Q_H| = 789/6 + 197/4 = 987KJ$$

برگشت

خروج

تمرین

فرض کنید $250g$ آب $0^{\circ}C$ در اختیار داریم. می خواهیم با قرار دادن این آب در یخچال، یخ تهیه کنیم، یخچال در اتاقی قرار دارد که دمای آن $22^{\circ}C$ است. دمای داخل یخچال در $-5^{\circ}C$ ثابت نگه داشته شده است. کمترین مقدار انرژی الکتریکی که باید به یخچال داده شود تا یخ $0^{\circ}C$ تشکیل شود، چقدر است؟

پاسخ

$L_F = 333/7 \frac{kJ}{Kg}$

$m = 0/25 kg$

$\theta_{آب ۱} = 0^{\circ}C$

$\theta_{یخ ۲} = 0^{\circ}C$

$T_H = 22 + 273 = 295\ k$

$T_L = -5 + 273 = 268\ k$

$W = ?$

$T_H - T_L = 22 + 5 = 27\ k$

کمترین مقدار انرژی داده شده به یخچال زمانی است که یخچال بیشترین عملکرد را داشته باشد

$\uparrow K = \frac{Q_L}{W \downarrow} \Rightarrow k = k_{کارنو}$

$k_{کارنو} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \Rightarrow k_{کارنو} = \frac{268}{27} \approx 10 = k$

یخ $0^{\circ}C$ $\Rightarrow$ آب $0^{\circ}C$

$Q_L = |-mL_F| \Rightarrow Q_L = |0/25 \times 333700| = 83425J$

$k = \frac{Q_L}{W} \Rightarrow W = \frac{Q_L}{k} = \frac{83425}{10} \Rightarrow W = 8342/5J$

برگشت

خروج

روابط وفرمولهای این فصل

۱-معادله حالت گازکامل: $PV = nRT$

۲-معادلهٔنسبی گاز کامل: $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

۳-کار انجام شده برروی دستگاه $W = -P.\Delta V$

۴-گرمادرفرآیند هم حجم: $Q_V = nC_V\Delta T$

۵-گرمادرفرآیند هم فشار: $Q_p = nC_p\Delta T$

۶-قانون اول ترمودینامیک : $\Delta U = Q + W$

۷-بازده ماشین گرمایی:
$$\eta = \frac{|W|}{Q_H}$$
$$\eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H}$$

۸-تغییرانرژی درونی گازتک اتمی درتمام فرایندها :

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)$$

۹-بازده چرخه‌ی کارنو: $\eta_{max} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$

۱۰-قانون اول ترمودینامیک(به بیان ماشین گرمایی):

$$Q_H = |Q_L| + |W|$$

۱۱-قانون اول ترمودینامیک(به بیان یخچالی):

$$|Q_H| = Q_L + W$$

۱۲-قانون دوم ترمودینامیک(به بیان ماشین گرمایی):

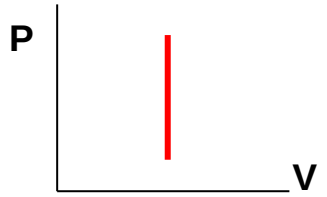
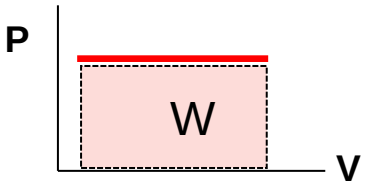
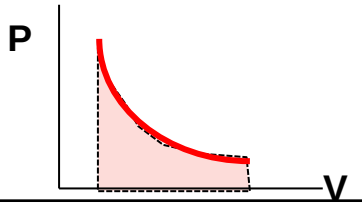
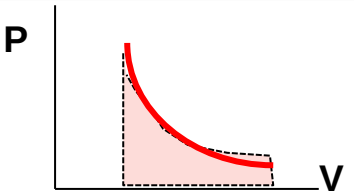
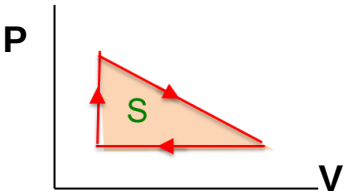
$$\eta \neq 1 \quad Q_L \neq 0$$

۱۳-قانون دوم ترمودینامیک(به بیان یخچالی): $W \neq 0$

۱۴-ضریب عملکرد یخچال: $k = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Pt}$

۱۵-ضریب عملکرد یخچال کارنو: $k_{\text{کارنو}} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$

خروج برگشت

فرایند	محاسبهٔ کار، گرما و انرژی درونی گاز تک اتمی	سطح زیر نمودار $P-V$
هم حجم	$W=0$ $Q_V=nC_V\Delta T$ $\Delta U=\frac{3}{2}nR\Delta T=\frac{3}{2}V\Delta P$	
هم فشار	$W=-P.\Delta V$ $Q_p=nC_p\Delta T$ $\Delta U=\frac{3}{2}nR\Delta T=\frac{3}{2}P\Delta V$	
هم دما	$\lvert W\rvert=S$ $Q=-W$ $\Delta U=0$	
بی دررو	$\lvert W\rvert=S$ $Q=0$ $\Delta U=W=\frac{3}{2}\Delta(PV)$	
چرخه	$\lvert W\rvert=S$ $Q=-W$ $\Delta U=0$	

برگشت خروج

شناسنامه ترمودینامیک

نام کمیت	علامت	یکا(SI)
فشار گاز	P	(پاسکال)pa
حجم گاز	V	(مترمکعب)m^3
مقدار گاز	n	(مول)moL
ثابت گازها	R	J/mol k (ژول برمول کلوین)
دمای گاز	T	k (کلوین)
گرمای مبادله شده بین دستگاه ومحیط	Q	J (ژول)
گرمایی ویژهٔمولی درحجم ثابت	C_V	J/mol k (ژول برمول کلوین)
گرمایی ویژهٔمولی درفشار ثابت	C_P	J/mol k (ژول برمول کلوین)
بازده	η	-

با نظارت جمعی از اساتید و معلمان گروه فیزیک البرز :

حمیدرضا ایزدی

مهرداد باقرپور

محمد علی سبکبار

فاطمه زارعی

فتانه باقرزاده

محمد انصاری تبار

تاریخ ویرایش نهایی : دیماه ۱۳۹۶

ارتباط تلگرامی : @ansari132

موفق وپیروز باشید