



p30konkor.com

عنوان آزمون : نمونه سوال فصل ۵ فیزیک دهم

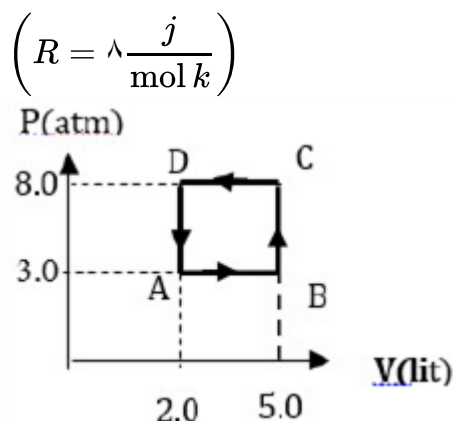
ریاضی

دانلود شده از سایت پی سی کنکور

p30konkor.com

ردیف	لطفًا پاسخ سوالات را روی همین برگ بنویسید	بارم																
۱	<p>با بالا رفتن نسبت تراکم می‌توان به بازده بیشتری برای ماشین‌های درون‌سوز بنزینی رسید. اما در عمل ممکن نیست به هر نسبت تراکمی دست یافت. این مشکل را «رودلف کریستین کارل دیزل» چگونه حل کرد؟</p> <p>سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-شهریورماه ۱۴۰۲</p> <p><b>پاسخ: ۱</b> در ماشین دیزل به جای مخلوط سوخت و هوا، خود هوا به طور بی‌دررو متراکم و در نتیجه داغ می‌شود تا این‌که بتواند گازوئیلی را که به داخل استوانه پاشیده می‌شود محترق کند.</p>																	
۲	<p>یخچال چه وسیله‌ای است؟</p> <p>سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-شهریورماه ۱۴۰۲</p> <p><b>پاسخ: ۱</b> وسیله‌ای است که با انجام کار، گرما را از منبع دما پایین می‌گیرد و به منبع دما بالا می‌دهد.</p>																	
۳	<p>دو نمونه ماشین برون‌سوز گرمایی نام ببرید.</p> <p>سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-شهریورماه ۱۴۰۲</p> <p><b>پاسخ: ۱</b> ماشین بخار و ماشین استرلینگ</p>																	
۴	<p>در جدول زیر، هریک از موارد ستون ۱ به یکی از عبارتهای ستون ۲ مربوط است. موارد مرتبط را مشخص کنید. در ستون ۲، سه مورد اضافی است.</p> <table><tr><th>ستون ۱</th><th>ستون ۲</th></tr><tr><td>الف) رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی</td><td>a) هم‌حجم</td></tr><tr><td>ب) این کمیت، فقط تابع دمای گاز است</td><td>b) فشار گاز</td></tr><tr><td>پ) کار در این فرایند صفر است</td><td>c) مخلوط آب و یخ</td></tr><tr><td>ت) منبع گرما محسوب می‌شود</td><td>d) معادله حالت</td></tr><tr><td></td><td>e) بی‌دررو</td></tr><tr><td></td><td>f) انرژی درونی گاز</td></tr><tr><td></td><td>g) هوای درون یک ظرف کوچک بسته</td></tr></table> <p>سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-شهریورماه ۱۴۰۲</p> <p><b>پاسخ: ۱</b> الف) d      ب) f      پ) a      ت) c</p>	ستون ۱	ستون ۲	الف) رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی	a) هم‌حجم	ب) این کمیت، فقط تابع دمای گاز است	b) فشار گاز	پ) کار در این فرایند صفر است	c) مخلوط آب و یخ	ت) منبع گرما محسوب می‌شود	d) معادله حالت		e) بی‌دررو		f) انرژی درونی گاز		g) هوای درون یک ظرف کوچک بسته	
ستون ۱	ستون ۲																	
الف) رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی	a) هم‌حجم																	
ب) این کمیت، فقط تابع دمای گاز است	b) فشار گاز																	
پ) کار در این فرایند صفر است	c) مخلوط آب و یخ																	
ت) منبع گرما محسوب می‌شود	d) معادله حالت																	
	e) بی‌دررو																	
	f) انرژی درونی گاز																	
	g) هوای درون یک ظرف کوچک بسته																	

یک مول گاز کامل تک‌اتمی چرخه روبه‌رو را طی می‌کند.  
 الف) دمای گاز در حالت A چند کلوین است؟  
 ب) کار انجام شده در کل چرخه را حساب کنید.  
 پ) در این چرخه گاز چه مقدار گرما با محیط مبادله می‌کند؟



سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۲

الف)  $Pv = nRT \Rightarrow 3 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} = 1 \times 8 \times T \Rightarrow T = \frac{6 \times 10^2}{8} = 75^\circ K$

پاسخ: ۱

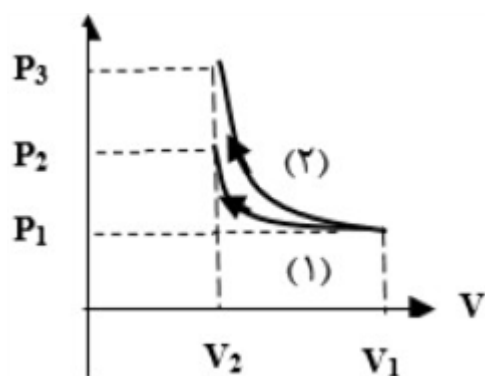
ب)  $W = S = 5 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-3} = 1500 J$

چرخه پادساعتگرد  $W > 0$

پ)  $\Delta u = 0 \quad Q = -w = -1500 J$

۵

مطابق شکل یک گاز کامل طی دو فرایند هم‌دما و بی‌درو، از حجم  $V_1$  تا حجم  $V_2$  متراکم شده است.  
 الف) کدام فرایند بی‌درو و کدام فرایند هم‌دما است؟  
 ب) با استدلال معین کنید کار انجام شده روی دستگاه در کدام فرایند کمتر است؟  
 پ) در فرایند بی‌درو دمای گاز کاهش می‌یابد یا افزایش؟ توضیح دهید.



سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۲

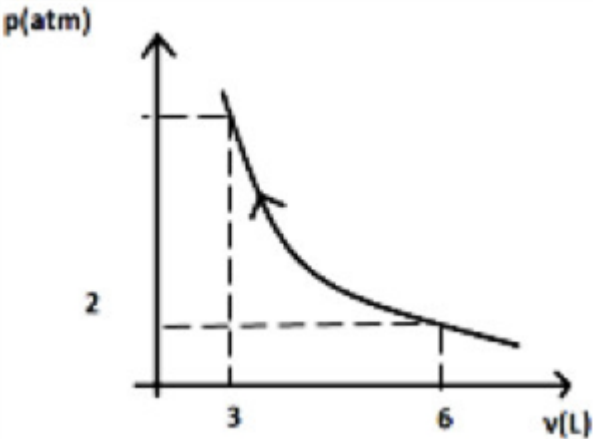
پاسخ: ۱ الف) ۱) هم‌دما ۲) بی‌درو

ب) در فرایند ۱ زیرا سطح زیر نمودار کمتر است.

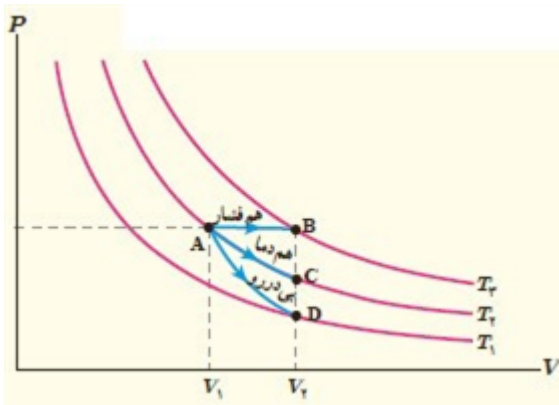
پ) افزایش - به علت تراکم ( $\Delta u = w > 0$ ) انرژی درونی افزایش می‌یابد و در نتیجه  $\Delta T$  نیز افزایش می‌یابد.

$\Delta T > 0$

۶

	<p>اگر دمای مقداری گاز کامل را از <math>227^{\circ}C</math> به <math>127^{\circ}C</math> و فشار آن از ۳ اتمسفر به ۴ اتمسفر برسد حجم گاز ۲ لیتر تغییر می‌کند. حجم اولیه گاز چند لیتر بوده است؟</p> <p>سوال‌ات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۲</p> $\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} \Rightarrow \frac{3 \times v_1}{227 + 273} = \frac{4 \times 2}{127 + 273}$ $v_2 = \frac{3}{5} v_1 \Rightarrow v_1 - 2 = v_2 \Rightarrow v_1 - 2 = \frac{3}{5} v_1$ $\frac{2}{5} v_1 = 2 \Rightarrow v_1 = 5 \text{ lit}$ <p>پاسخ: ۱</p>	۷
	<p>بازده ماشین گرمایی ۴۰ درصد است. این ماشین در هر چرخه ۱۰۰۰ ژول گرما از منبع با دمای بالا دریافت می‌کند. در هر چرخه چند ژول گرما به منبع با دمای پایین می‌دهد؟</p> <p>سوال‌ات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۲</p> $\eta = \frac{w}{Q_H} \Rightarrow 0.4 = \frac{w}{1000} \Rightarrow w = 400 \text{ J}$ $Q_H = Q_L + w \Rightarrow Q_L = 1000 - 400 = 600 \text{ J}$ <p>پاسخ: ۱</p>	۸
	<p>گاز آرمانی در دمای ثابت از حالت <math>v_1 = 4 \text{ L}</math> و <math>p_1 = 2 \text{ atm}</math> تا حالت نهایی با حجم <math>v_2 = 3 \text{ L}</math> متراکم می‌شود. الف) فشار گاز در حالت دوم چند اتمسفر است؟ ب) اگر سطح زیر نمودار <math>800 \text{ J}</math> باشد، گرمای مبادله شده در این فرایند چند ژول است؟</p>  <p>سوال‌ات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۲</p> $p_1 \times v_1 = p_2 \times v_2 \Rightarrow p_2 = \frac{12}{3} = 4 \text{ atm}$ $\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta u = 0 \Rightarrow w = -Q$ $s =  w  = 800 \text{ J}$ $Q = -800 \text{ J}$ <p>پاسخ: ۱</p>	۹
	<p>درستی یا نادرستی عبارت زیر را مشخص کنید. - اگر در یک ماشین گرمایی تمام گرما به کار تبدیل شود قانون اول ترمودینامیک نقض می‌شود.</p> <p>سوال‌ات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۲</p> <p>پاسخ: ۱ نادرست</p>	۱۰

مطابق شکل زیر، حجم گازی آرمانی طی سه فرایند هم‌فشار، هم‌دما و بی‌دررو از  $V_1$  به حجم بزرگ‌تر  $V_2$  می‌رسد. (الف) اندازه‌ی کار انجام شده توسط گاز را در این سه فرایند مقایسه کنید. (ب) دمای نهایی را در این فرایندها مقایسه کنید. (پ) گرمای داده شده به گاز را در این فرایندها مقایسه کنید.



مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

۱۱

پاسخ: ۱

(الف) قدرمطلق کار برابر با مساحت زیر نمودار فرایند ترمودینامیک‌ها در صفحه‌ی  $P - V$  است. از روی شکل دیده می‌شود که مساحت زیر نمودار فرایند هم‌فشار از همه بیش‌تر و مساحت زیر نمودار فرایند بی‌دررو از همه کم‌تر است. بنابراین مقدار کار انجام شده از کم‌ترین تا بیش‌ترین به ترتیب بی‌دررو، هم‌دما و هم‌فشار است. البته در سوال از کار گاز روی محیط پرسیده شده است که با توجه به انبساطی بدون هر سه فرایند، برای هر فرایند مقداری مثبت است. پس همین مقایسه در مورد خود کارها نیز درست است.

(ب) از قانون گازهای کامل درمی‌یابیم که در فرایند هم‌فشار با افزایش حجم، دما افزایش می‌یابد. در فرایند هم‌دما نیز بدیهی است که دما ثابت می‌ماند. در فرایند بی‌دررو نیز از قانون اول ترمودینامیک درمی‌یابیم که در انبساط، کاهش دما داریم. بنابراین دمای نهایی در این سه فرایند از کم‌ترین تا بیش‌ترین به ترتیب بی‌دررو، هم‌دما و هم‌فشار می‌شود.

(پ) در فرایند بی‌دررو  $Q = 0$  و در فرایندهای هم‌دما و هم‌فشار  $Q > 0$  است. با توجه به این‌که تغییر انرژی درونی و مقدار کار در فرایند هم‌دما از فرایند هم‌فشار کم‌تر است و نیز کار در هر دو فرایند منفی است، بنابراین در این مورد نیز ترتیب گرمای داده شده به ترتیب از کم‌ترین تا بیش‌ترین، بی‌دررو، هم‌دما و هم‌فشار می‌شود.

ظرفی شامل  $30 \text{ kg}$  آب است. با هم زدن آب داخل ظرف،  $40 \text{ kJ}$  کار روی آن انجام می‌دهیم و در این مدت  $31 \text{ kJ}$  گرما از ظرف به بیرون منتقل می‌شود. انرژی درونی آب چه قدر تغییر می‌کند؟

۱۲

مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱ از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta U = Q + W = -31 \text{ kJ} + 40 \text{ kJ} = 9 \text{ kJ}$$

انتهای یک سرنگ حاوی هوا را مسدود و آنرا وارد حجم بزرگی از آب کنید. پس از مدتی، پیستون سرنگ را به آرامی بفشارید. هوای درون سرنگ چه فرایندی را طی می‌کند؟

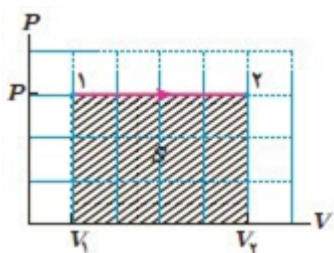
مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱

۱۳

وقتی سرنگ حاوی هوا را در آب می‌اندازیم و مدتی صبر می‌کنیم، هوای درون سرنگ با آب هم‌دما می‌شود. از این به بعد، هوای درون سرنگ (به عنوان دستگاه) در تماس گرمایی با حجم بزرگ آب (به عنوان منبع گرما) است. دستگاه و منبع، دمای مساوی دارند. با فشردن کُند و آرام پیستون، فشار هوای درون سرنگ افزایش و حجم آن کاهش می‌یابد. ولی از آن‌جا که هوای سرنگ (دستگاه) در تماس گرمایی با آب (منبع گرما) است و فرایند به کندی رخ می‌دهد، دمای دستگاه همان دمای منبع باقی می‌ماند، یعنی دما ثابت است و بنابراین یک انبساط هم‌دما داریم.

با توجه به نمودار شکل روبه‌رو، نشان دهید در فرایند هم‌فشار، مساحت سطح زیر نمودار  $P - V$  برابر با قدرمطلق کار انجام شده است.



۱۴

مسایل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

**پاسخ: ۱** می‌دانیم که کار در فرایند هم‌فشار از رابطه‌ی  $W = -P\Delta V$  به دست می‌آید. از روی شکل داده شده برای فرایند هم‌فشار درمی‌یابیم که حاصل‌ضرب  $P\Delta V$  در واقع مساحت زیر نمودار  $P - V$  (مساحت ناحیه‌ی هاشورخورده) است. بنابراین می‌توان گفت که در فرایند هم‌فشار، قدرمطلق کار انجام شده (قدرمطلق کار محیط روی دستگاه) برابر با سطح زیر نمودار  $P - V$  است.

یک ماشین بخار آرمانی در هر دقیقه  $3 \times 10^{10}$  ژول گرما از دیگ بخار دریافت می‌کند و  $1/8 \times 10^{10}$  ژول گرما در چگالنده از دست می‌دهد.  
 آ) کار انجام شده توسط ماشین در هر دقیقه چند ژول است؟  
 ب) بازده این ماشین چه قدر است؟

سوالات امتحانات نهایی متوسطه-سوم دبیرستان-سوم ریاضی

$$\begin{aligned} \text{آ)} \quad |W| &= Q_H - |Q_C| \quad (0/25) \quad |W| = 3 \times 10^{10} - (1/8 \times 10^{10})(0/25) \rightarrow |W| \\ &= 1/2 \times 10^{10} J (0/25) \\ \text{ب)} \quad \eta &= \frac{|W|}{Q_H} (0/25) \rightarrow \eta = \frac{1/2 \times 10^{10}}{3 \times 10^{10}} = 0/4 \rightarrow 40\% (0/25) \end{aligned}$$

۱۵

بازده یک ماشین درون‌سوز ۲۰ درصد است. این ماشین در هر چرخه  $2/5 \times 10^3 J$  کار انجام می‌دهد. گرمای حاصل از سوخت در هر چرخه چند ژول است؟

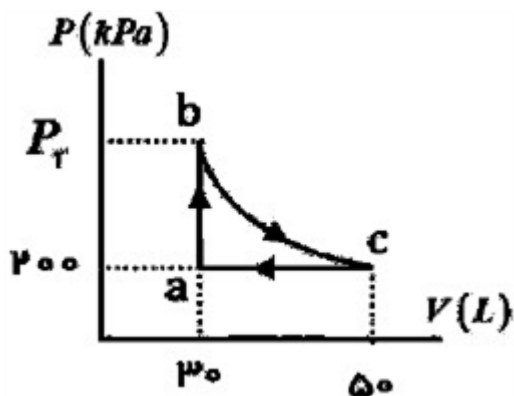
سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۳

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow 0/2 = \frac{2/5 \times 10^3}{Q_H} \Rightarrow Q_H = 12/5 \times 10^3 J$$

**پاسخ: ۱**

۱۶

گاز داخل یک استوانه، چرخه‌ای مطابق شکل روبه‌رو را می‌پیماید. فرآیند bc یک فرآیند بی‌دررو است و کار دستگاه در این فرآیند  $6000 \text{ J}$  است. کار انجام شده در این چرخه، چند ژول است؟



سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۳

پاسخ: ۱  $W = -S \Rightarrow W = -(|W_{bc}| - |W_{ca}|) \Rightarrow W = -(6000 - (200 \times 10^3 \times 20 \times 10^{-3})) \Rightarrow W = -2000$

در جدول زیر، برای هریک از جمله‌های ستون ۱، عبارت مناسبی از ستون ۲ انتخاب و بنویسید. (یک مورد در ستون دوم اضافی است.)

ستون ۲	ستون ۱
(۱) هم‌حجم	الف) در این فرآیند، بین دستگاه و محیط گرما مبادله نمی‌شود.
(۲) هم‌فشار	ب) در این فرآیند، کار دستگاه صفر است.
(۳) هم‌دما	پ) در این فرآیند، انرژی درونی دستگاه ثابت است.
(۴) بی‌دررو	

سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۳

پاسخ: ۱ الف) ۴ ب) ۱ پ) ۳

واژه مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کرده و بنویسید.  
قانون (اول - دوم) ترمودینامیک بیانگر قانون پایستگی انرژی است.

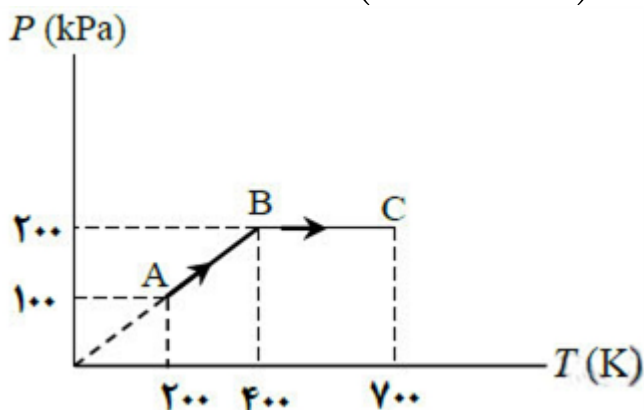
سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۳

پاسخ: ۱ اول

نمودار  $P - T$  شکل مقابل مربوط به  $5 \text{ mol}$  گاز آرمانی است.

الف) حجم گاز در حالت A چند برابر حجم گاز در حالت B است؟

ب) کار انجام شده بر روی دستگاه در فرایند BC چقدر است؟  $\left(R = 8 \frac{J}{\text{mol} \cdot K}\right)$



۲۰

سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-شهریورماه ۱۴۰۲

الف)  $V_A = V_B$

پاسخ: ۱

ب)  $W = -0.5 \times 8 \times 300 \Rightarrow W = -1200 J$

کدام یک از موارد زیر نمی‌تواند اطلاعات مربوط به یک ماشین گرمایی باشد؟

۱)  $Q_H = 1000 J, |W| = 200 J, |Q_L| = 900 J$

۲)  $Q_H = 1000 J, |W| = 200 J, |Q_L| = 800 J$

۳)  $Q_H = 1000 J, |W| = 1000 J, |Q_L| = 0 J$

۲۱

سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-شهریورماه ۱۴۰۲

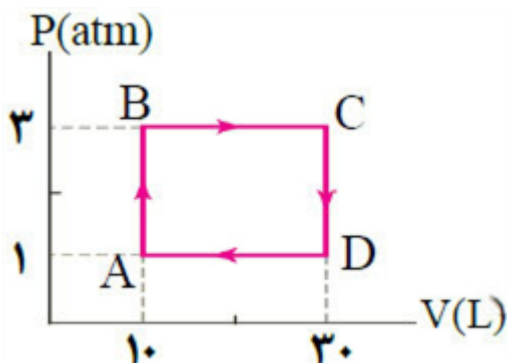
پاسخ: ۱ و ۳

گاز داخل یک استوانه، چرخه‌ای مطابق شکل می‌پیماید. اگر دمای گاز در وضعیت A برابر  $50 K$  باشد

الف) دمای گاز در وضعیت B چند کلوین است؟

ب) کار انجام شده در کل چرخه چند ژول است؟

پ) در کدام فرایندها، گاز گرما گرفته است؟



۲۲

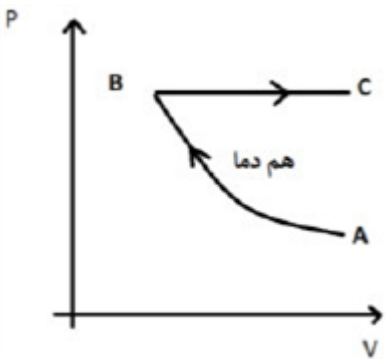
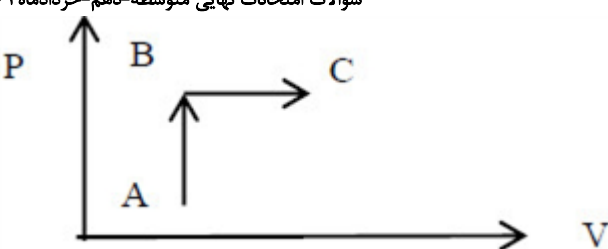
سوالات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-شهریورماه ۱۴۰۲

الف)  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = 3T_1 = 150 K$

پاسخ: ۱

ب)  $W = -S \Rightarrow W = -2 \times 10^5 \times 20 \times 10^{-3} = -4000 J$

پ) در فرایندهای AB و BC

	<p>درون یک استوانه، گازی به حجم <math>4L</math> در فشار <math>2/5 \text{ atm}</math> وجود دارد. اگر فشار گاز را در دمای ثابت به <math>0/5 \text{ atm}</math> برسانیم، حجم گاز چند لیتر خواهد شد؟</p> <p>سوال‌ات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-شهریورماه ۱۴۰۲</p> <p>پاسخ: ۱ <math>P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 2/5 \times 4 = 0/5 V_2 \Rightarrow V_2 = 20L</math></p>	۲۳
	<p>نمودار <math>P - V</math> مربوط به دو فرآیند در گاز کاملاً مطابق شکل است. نمودار <math>P - T</math> این دو فرایند را رسم کنید.</p>  <p>سوال‌ات امتحانات نهایی متوسطه-دهم-خردادماه ۱۴۰۲</p>  <p>پاسخ: ۱</p>	۲۴
	<p>یک ماشین گرمایی درون‌سوز در هر چرخه <math>8/00 \text{ kJ}</math> گرما از سوزاندن سوخت دریافت می‌کند و <math>2/00 \text{ kJ}</math> کار تحویل می‌دهد. گرمای حاصل از سوخت <math>5/0 \times 10^3 J/g</math> است و ماشین در هر ثانیه <math>40/0</math> چرخه را می‌پیماید. کمیت‌های زیر را حساب کنید.</p> <p>الف) بازده ماشین ب) سوخت مصرف شده در هر چرخه پ) توان ماشین</p> <p>مسایل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی</p> <p>پاسخ: ۱ الف) <math>Q_H = 8 \text{ kJ} \Rightarrow \eta = \frac{ W }{Q_H} = \frac{1}{4} = 25\%</math>  <math> W  = 2 \text{ kJ}</math></p> <p>ب) <math>m_{\text{سوخت مصرف شده}} = \frac{Q_H}{E} = \frac{8 \times 10^3 J}{5 \frac{J}{g}} = 1600g</math> در هر چرخه</p> <p>پ) در هر ثانیه <math>40</math> چرخه کامل انجام می‌گیرد:  <math>P = \frac{W}{t} = \frac{40 \times 2 \text{ kJ}}{1s} = 80 \text{ kW}</math></p>	۲۵



یک ماشین گرمایی در هر چرخه  $100 \text{ J}$  گرما از منبع دما بالا می‌گیرد و  $60 \text{ J}$  گرما به منبع دما پایین می‌دهد و بقیه‌ی آن تبدیل به کار می‌شود.  
 الف) بازده این ماشین چه قدر است؟  
 ب) اگر هر چرخه  $500 \text{ s}$  طول بکشد، توان خروجی این ماشین چه قدر است؟

مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱ الف)

$$Q_H = |W| + |Q_C| \Rightarrow |W| = Q_H - |Q_C| = 100 - 60 = 40 \text{ J}$$

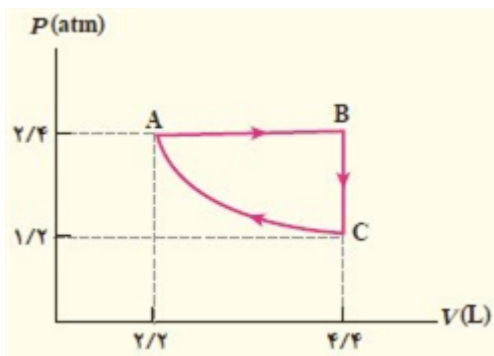
$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{40}{100} = 40\%$$

$$P = \frac{|W|}{t} \quad \text{ب)}$$

تعداد دو چرخه کامل در هر ثانیه انجام می‌شود.  $t = 1 \text{ s} \Rightarrow$

$$P = \frac{2 \times 40 \text{ J}}{1 \text{ s}} = 80 \text{ W}$$

دستگاهی متشکل از  $0.32 \text{ mol}$  گاز کامل تک‌اتمی حجمی برابر  $2/2 \text{ L}$  را در فشار  $2/4 \text{ atm}$  اشغال کرده است. این دستگاه چرخه‌ای مطابق شکل زیر را می‌پیماید که در آن فرایند CA فرایندی هم‌دما است. الف) دما در نقاط A، B و C چه قدر است؟ ب)  $\Delta U$  را برای فرایند هم‌دما به دست آورید. پ) انرژی درونی نقطه‌ها را با هم مقایسه نمایید.



مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱

۲۷

$$\text{الف) } T_C = T_A = \frac{P_A V_A}{nR} = \frac{(2/4 \times 1/51 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(2/2 \times 10^{-3} \text{ m}^3)}{(0.32 \text{ mol})(8/314 \text{ J/mol} \cdot \text{K})}$$

$$= 200/4 \text{ K} \approx 2/0 \times 10^2 \text{ K}$$

$$T_B = \frac{P_B V_B}{nR} = \frac{P_A (2V_A)}{nR} = \frac{2P_A V_A}{nR} = 2T_A = 400/9 \text{ K} \approx 4/0 \times 10^2 \text{ K}$$

ب) فرایند  $A \rightarrow B$  را با شاخص پایین ۱ و فرایند  $B \rightarrow C$  را با شاخص پایین ۲ و فرایند  $C \rightarrow A$  را با

شاخص پایین ۳ نشان می‌دهیم.

$$\Delta U_1 = Q_1 + W_1$$

$$= 1337 \text{ J} \approx 1/3 \text{ kJ}$$

$$Q_1 = nC_P \Delta T = \frac{5}{2} nR \Delta T = \frac{5}{2} (0.32 \text{ mol})(8/314 \text{ J/mol} \cdot \text{K})(200 \text{ K})$$

$$W_1 = -P_A \Delta V = -P_A (V_B - V_A) = (-2/4 \times 1/51 \times 10^5 \text{ Pa})(2/2 \times 10^{-3} \text{ m}^3)$$

$$= 0/77 \text{ kJ} \approx 0/8 \text{ kJ}$$

$$= -533/3 \text{ J} \approx -0/53 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta U_1 = Q + W_1 = 1/3 \text{ kJ} - 0/53 \text{ kJ}$$

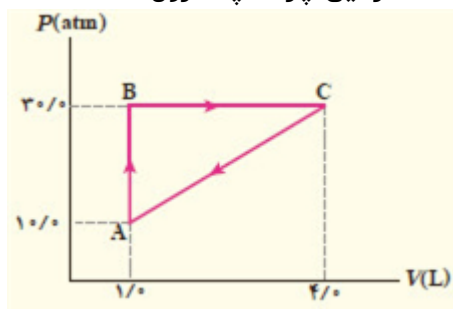
(که البته این نتیجه را می‌توانیم از رابطه‌ی  $\Delta U = nC_V \Delta T$  نیز به دست آوریم)

$$\Delta U_2 = Q_2 + W_2$$

$$Q_2 = nC_V \Delta T = \frac{3}{2} nR \Delta T = \frac{3}{2} [(0.32 \text{ mol})(8/314 \text{ J/mol} \cdot \text{K})(-200/5 \text{ K})]$$

$$= -800/1 \text{ J} \approx -0/80 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta U_2 = 0 + (-80/2 \text{ J}) \approx -0/80 \text{ kJ}$$

گاز داخل یک استوانه، چرخه‌ای مطابق شکل زیر را می‌پیماید. گرمای مبادله شده در این چرخه چند ژول است؟



مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

۲۸

**پاسخ: ۱** چون فرایندی چرخه‌ای داریم  $\Delta U = 0$  است. بنابراین  $Q = -W$  می‌شود که در آن کار محیط

است. از طرفی می‌دانیم مقدار کار انجام شده در چرخه برابر مساحت محصور در چرخه است و در

چرخه‌های ساعت‌گرد کار انجام شده بر روی دستگاه منفی است. بنابراین:

$$= -3/0 \times 10^3 J$$

$$W = -S_{ABC} = -\frac{1}{2} \left[ (30/0 - 10/0) \times 10^5 N/m^2 \right] \left[ (4/0 - 1/0) \times 10^{-3} m^3 \right]$$

و از آن‌جا  $Q = 3/0 \times 10^3 J$  می‌شود.

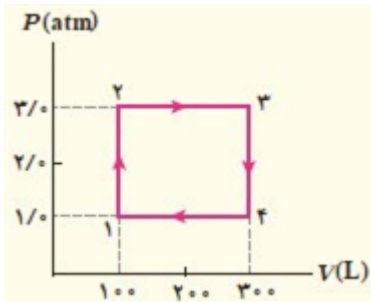
یک گاز کامل چرخه‌ی نشان داده شده در شکل را می‌پیماید. دمای گاز در حالت ۱ برابر  $200\text{ K}$  است.

الف) دما در سه نقطه‌ی دیگر چه قدر است؟

ب) کار انجام شده در چرخه چه قدر است؟

پ) در چه فرایندهایی گاز گرما گرفته است؟

ت) در چه فرایندهایی گاز گرما از دست داده است؟



مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

الف) با استفاده از قانون گازهای کامل داریم: **پاسخ: ۱**

با جای‌گذاری  $P_1 = 1/0\text{ atm}$ ,  $P_2 = 3/0\text{ atm}$ ,  $V_1 = V_2$  و  $T_1 = 200\text{ K}$  به  $T_2 = 600\text{ K}$

می‌رسیم. که با توجه قواعد محاسبه‌ی ارقام معنی‌دار باید به صورت  $6 \times 10^2\text{ K}$  بیان شود. اکنون با استفاده از قانون گازهای کامل  $T_2$  و  $T_4$  را نیز به دست می‌آوریم.

$$T_3 = T_2 \frac{P_3 V_3}{P_2 V_2} = T_2 \frac{V_3}{V_2} = (600\text{ K}) \left( \frac{300\text{ L}}{100\text{ L}} \right) = 1800\text{ K} = 1.8 \times 10^3\text{ K}$$

$$T_4 = T_3 \frac{P_4 V_4}{P_3 V_3} = T_3 \frac{P_4}{P_3} = (1800\text{ K}) \left( \frac{1/0\text{ atm}}{3/0\text{ atm}} \right) = 600\text{ K} = 6 \times 10^2\text{ K}$$

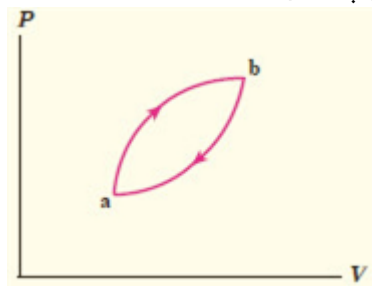
ب) مقدار کار انجام شده برابر با مساحت محصور در چرخه است که چنین می‌شود.

$$|W| = \left[ (300 - 100)(10^{-2}\text{ m}^3) (3/0 - 1/0) (10^5\text{ N/m}^2) \right] = 4 \times 10^4\text{ J}$$

پ) در فرایندهای  $1 \rightarrow 2$  و  $2 \rightarrow 3$  دمای گاز زیاد شده است و با توجه به رابطه‌های  $Q = nC_V \Delta T$  و  $Q = nC_P \Delta T$  در می‌یابیم گاز گرما می‌گیرد.

ت) در فرایندهای  $3 \rightarrow 4$  و  $4 \rightarrow 1$  دمای گاز کم شده است و با توجه به رابطه‌های  $Q = nC_V \Delta T$  و  $Q = nC_P \Delta T$  در می‌یابیم گاز گرما از دست می‌دهد.

شکل روبه‌رو چرخه‌ای را نشان می‌دهد که یک گاز طی کرده است.  
الف) تعیین کنید که گاز در این چرخه گرما گرفته یا از دست داده است؟  
ب) اگر مقدار گرمای مبادله شده در این چرخه  $400\text{ J}$  باشد، کار انجام شده روی گاز چه قدر است؟

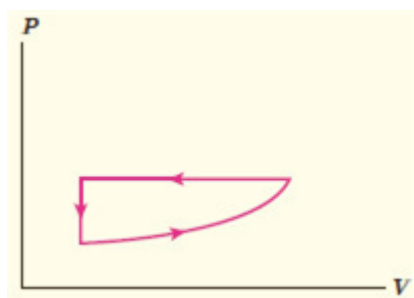


۳۰

مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

**پاسخ: ۱** الف) در فرایند چرخه‌ای  $\Delta U = 0$  است و در نتیجه از قانون اول ترمودینامیک نتیجه می‌گیریم  
 $Q = -W$  است با توجه به این‌که چرخه ساعت‌گرد طی شده است کار محیط منفی است. بنابراین  $Q$  مثبت می‌شود و دستگاه گرما می‌گیرد.  
ب) در قسمت الف دیدیم که  $Q$  مثبت است و در نتیجه داریم:  
 $W = -Q = -400\text{ J}$

برای چرخه‌ی گازی که نمودار  $P - V$  آن در این‌جا نشان داده شده است،  $\Delta U$  گاز،  $W$  و  $Q$  مثبت است یا منفی، و یا برابر صفر است؟



مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

۳۱

**پاسخ: ۱** در چرخه‌های پادساعت‌گرد در صفحه‌ی  $P - V$  کار محیط ( $W$ ) مثبت است. از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta U = Q + W$$

که در آن  $W$  کار محیط است. توجه کنید که در این‌جا فرایند چرخه‌ای داریم و  $\Delta U = 0$  است. در مورد علامت  $W$  نیز می‌توانیم این فرایند چرخه‌ای را به سه بخش تقسیم کنیم. بدیهی است که در فرایند هم‌حجم کار صفر است. اما مساحت زیر فرایند هم‌فشاری که در آن حجم کاهش یافته است، بیش‌تر از فرایند دیگری است که در آن افزایش حجم داریم. بنابراین کار محیط مثبت و کار دستگاه منفی است. اکنون با توجه به قانون اول ترمودینامیک برای فرایند چرخه‌ای می‌دانیم  $Q = -W$  است و بنابراین  $Q$  نیز منفی می‌شود.

یک مکعب آلومینیومی توپر به ضلع  $20\text{ cm}$  از  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  تا  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  در فشار متعارف جو ( $1 \times 10^5\text{ Pa}$ ) گرم می‌شود. کار انجام شده توسط مکعب را محاسبه کنید.

مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱ با استفاده از تعریف کار و رابطه‌ی انبساط حجمی داریم:

$$W_{\text{مکعب روی هوا}} = -W = P\Delta V = P(\beta V\Delta T)$$

$$= (1 \times 10^5\text{ N/m}^2) \left[ (3 \times 23 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}) (8 \times 10^{-3}\text{ m}^3) (100\text{ }^{\circ}\text{C}) \right] = 5.8\text{ J}$$

$$Q = mC\Delta T = (\rho V)C\Delta T \quad \text{از طرفی:}$$

$$= (2 \times 10^3\text{ kg/m}^3) (8 \times 10^{-3}\text{ m}^3) (900\text{ J/kg}\cdot\text{K}) (100\text{ }^{\circ}\text{C}) = 1.44 \times 10^6\text{ J}$$

$$\Rightarrow \Delta U = Q + W = 1.44 \times 10^6\text{ J} - 5.8\text{ J} = 1.44 \times 10^6\text{ J}$$

توجه کنید که کار انجام شده در برابر Q بسیار ناچیز و اهمیت ندارد که این فرایند در خلأ صورت گیرد ( $W = 0$ ) یا خیر. تغییر انرژی درونی در دو حالت یکسان است.

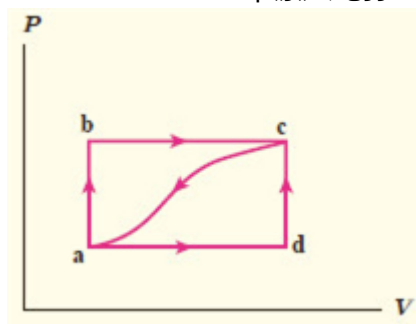
۳۲

گازی مطابق شکل زیر، از طریق مسیر abc از حالت a به c، می‌رود. گاز در این مسیر، ۹۰ ژول گرما می‌گیرد و ۷۰ ژول کار انجام می‌دهد.

الف) تغییر انرژی درونی گاز در مسیر abc چه قدر است؟

ب) اگر برای رسیدن به حالت c فرایند از مسیر abc انجام شود، کار انجام شده توسط گاز در مقایسه با مسیر abc بیش‌تر است یا کم‌تر؟ گرمای داده شده به گاز بیش‌تر است یا کم‌تر؟

پ) اگر گاز را از مسیر خمیده از حالت c به حالت a برگردانیم، چه قدر باید از آن انرژی بگیریم؟



مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱ الف) نخست قانون اول ترمودینامیک را برای مسیر abc می‌نویسیم:

$$\Delta U_{abc} = Q_{abc} + W_{abc} = 90\text{ J} + (-70\text{ J}) = 20\text{ J}$$

ب) قدرمطلق کار انجام شده برابر با مساحت زیر نمودار فرایند در صفحه‌ی  $P - V$  است. بنابراین، بدیهی است که مساحت زیر مسیر adc کم‌تر از مساحت زیر مسیر abc است و در نتیجه مقدار کار در مسیر abc کم‌تر از مقدار کار در مسیر abc است. از طرفی در هر دو فرایند گاز انبساط یافته است و بنابراین کار محیط منفی و کار دستگاه (گاز) مثبت است. بنابراین کار گاز نیز در مسیر adc کم‌تر از مسیر abc است. برای مقایسه‌ی گرمای داده شده به گاز، باید از قانون اول ترمودینامیک استفاده کنیم:  $Q = \Delta U - W$ . چون  $\Delta U$  برای هر دو مسیر یکسان است باید W ها را با هم مقایسه کنیم. چون مقدار کار در مسیر adc کوچک است و از طرفی W کار محیط روی گاز و در هر دو مسیر منفی است پس  $W_{adc} > W_{abc}$  است و در نتیجه Q در مسیر adc کوچک‌تر است.

پ) چرخه‌ی بسته‌ای را در نظر بگیرید که شامل مسیر abc و مسیر خمیده‌ی بازگشت است. چون:

$$\Delta U = \Delta U_{abc} + \Delta U_{ca} = 0$$

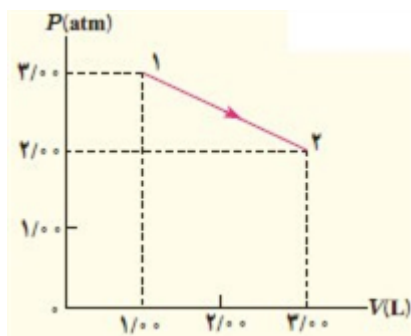
نتیجه می‌گیریم که باید به اندازه‌ی  $\Delta U_{abc} = 20\text{ J}$  از گاز انرژی بگیریم. البته چون در این بخش،

هنوز چرخه مطرح نشده است می‌توانیم این طور نیز استدلال کنیم:

$$\Delta U_{abc} = U_c - U_a \text{ و } \Delta U_{ca} = U_a - U_c \Rightarrow -\Delta U_{abc} = -20\text{ J}$$

۳۳

نمودار  $P - V$  ی گازی رقیق در شکل روبه‌رو نشان داده شده است. در این فرایند با فرض آن‌که انرژی درونی در نقطه‌ی ۱ برابر  $456 J$  و در نقطه‌ی ۲ برابر  $912 J$  باشد، چه قدر گرما مبادله شده است؟ آیا گاز گرما گرفته است یا از دست داده است؟



مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

(مساحت دوزنقه) = - (کار گاز) = کار محیط

پاسخ: ۱

$$= -\frac{1}{2} \left[ (3/00 + 2/00) (1/01 \times 10^5 N/m^2) \right] (2/00 \times 10^{-3} m^3) = -50.5 J$$

و آن‌گاه با استفاده از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$Q = \Delta U - W_{\text{محیط}} = (912 J - 456 J) + 50.5 J = 961 J$$

چون Q مثبت شده است این بدین معنی است که گاز گرما گرفته است.

۳۴

ته یک سرنگ را که دسته‌ی آن می‌تواند آزادانه حرکت کند مسدود می‌کنیم، آن‌را درون مقداری آب می‌اندازیم و آب را به تدریج گرم می‌کنیم. هوای درون سرنگ چه فرایندی را طی می‌کند؟

مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

این آزمایش مشابه حالتی است که گاز محبوس در استوانه‌ای با پیستون آزاد در تماس با یک منبع گرما با دمای قابل تنظیم است و دمای منبع به آرامی بالا می‌رود.

پاسخ: ۱

به علت اختلاف جزئی دمای بین منبع (آب) و هوای درون سرنگ، گرما به کندی به هوای محبوس درون سرنگ منتقل می‌شود و هوا به آرامی [در فشار ثابت] اندکی منبسط می‌گردد و پیستون، سرنگ را اندکی به جلو می‌راند. اگر گرما دادن را به همین روش تدریجی ادامه دهیم، ضمن افزایش دما و حجم هوای درون سرنگ، پیستون به آهستگی حرکت می‌کند. وقتی سرنگ به طور افقی درون آب قرار گرفته است، اختلاف فشاری بین درون سرنگ و آب بیرون آن وجود ندارد و به محض این‌که یکی از این دو فشار اندکی افزایش یا کاهش یابد، پیستون جابه‌جا می‌گردد تا دوباره فشارها برابر شوند. و چون در این‌جا فشار آب تغییر نمی‌کند، فشار درون سرنگ هم تغییر نخواهد کرد و انبساطی هم‌فشار خواهیم داشت.

۳۵

الف) در فرایند هم‌حجم چگونه می‌توان فشار گاز را افزایش یا کاهش داد؟  
ب) در فرایند هم‌فشار چگونه می‌توان حجم گاز را افزایش یا کاهش داد؟

مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

الف) اگر پیستون را با گیره‌ای ثابت کنیم و دمای گاز را با استفاده از یک منبع گرما به تدریج افزایش یا کاهش دهیم، فشار گاز طی یک فرایند هم‌حجم ایستوار، افزایش یا کاهش می‌یابد.

پاسخ: ۱

ب) با افزایش دمای کند و تدریجی توسط منبع گرما، در هر مرحله به علت اختلاف دمای جزئی بین منبع و دستگاه، مقدار کمی گرما به گاز منتقل می‌شود که در نتیجه آن گاز کمی منبسط می‌شود و پیستون را که حالا آزاد است اندکی به طرف بالا جابه‌جا می‌کند. اگر گرما دادن را به همین روش به صورت آهسته ادامه دهیم، گاز به کندی منبسط می‌شود و پیستون به طور ایستوار به بالا حرکت می‌کند. شتاب حرکت پیستون چنان کم است که می‌توان گفت در طی گرما دادن همواره فشار گاز ثابت می‌ماند. برای کاهش حجم ایستوار و هم‌فشار گاز نیز، به روش مشابه، دمای منبع گرما را به تدریج و به کندی کاهش می‌دهیم.

۳۶

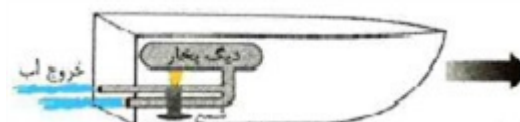
قایق پوت - پوت، نوعی قایق اسباب بازی است که اساس کار آن مانند ماشین‌های برون‌سوز است. در مورد این قایق‌های اسباب بازی تحقیق کرده و سعی کنید آن را بسازید.

مسایل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱

قایق پوت پوت سیلندر، پیستون، میل‌لنگ، سوپاپ‌های ورود و خروج بخار و ... ندارد ولی در آن چرخه‌ای مشابه چرخه‌ی ماشین بخار رخ می‌دهد و این چرخه کار مکانیکی موردنیاز برای به حرکت درآوردن قایق در یک استخر یا حوض آب را تأمین می‌کند.

می‌توانید برای ساختن قایق از یک بطری پلاستیکی استفاده کنید. بطری را مطابق شکل طوری از وسط نصف کنید که هر نیمه‌ی آن شبیه یک قایق کوچک باشد. یک لوله‌ی مسی به قطر تقریباً ۳ mm و طول تقریباً ۷۰ cm (بسته به بزرگی و کوچکی قایق) تهیه و آن را مطابق شکل خم کنید. (این نوع لوله را می‌توانید از تعمیرگاه‌های یخچال بخرید.) برای درست کردن بخش پیچه‌ای شکل در خم این لوله، می‌توانید لوله را دور یک میله بپیچانید. دو سوراخ کوچک در انتهای قایق ایجاد کنید و دو سر لوله‌ی مسی را مطابق شکل از این دو سوراخ عبور دهید. دقت کنید سوراخ‌ها خیلی کوچک باشند طوری که وقتی دو سر لوله‌ی مسی را از آن‌ها عبور می‌دهید، سوراخ‌ها به خوبی مسدود شوند و وقتی قایق روی آب قرار می‌گیرد، آب از کناره‌های این سوراخ‌ها وارد قایق نشود. یک شمع تزئینی که درون استوانه‌ی آلومینیومی کوچکی قرار دارد را مطابق شکل، زیر قسمت پیچه مانده لوله‌ی مسی قرار دهید، طوری که وقتی شمع روشن شد پیچه را داغ کند. لوله‌ی مسی را کاملاً از آب پر کنید. به این منظور می‌توانید یک سر لوله را درون آب قرار دهید و از سر دیگر لوله، هوای درون لوله را بکشید. با مکیدن هوای درون لوله، آب کل لوله را پر می‌کند. دو انتهای لوله را با انگشتانتان بگیرید و قایق را طوری در آب قرار دهید که دو انتهای لوله کاملاً درون آب باشد. اکنون شمع را روشن کنید. مدتی طول می‌کشد تا آب داخل بخش پیچه‌ای شکل لوله به اندازه‌ی کافی داغ و بخار شود. حالا قایق به راه می‌افتد. با نگاه دقیق به حرکت قایق، مشاهده‌ی امواج آب که در محل دو انتهای لوله‌ی مسی تشکیل می‌شود، گوش دادن به صدای قایق و ... متوجه می‌شوید که حرکت قایق به صورت بُریده بُریده و منقطع انجام می‌شود. در واقع در هر ثانیه، چند ضربه قایق زده می‌شود و با هر ضربه قایق کمی به جلو می‌جهد. اگر انگشتان را پشت دو انتهای لوله و درون آب قرار دهید و البته با این کار مزاحم حرکت قایق نشوید، این ضربه‌ها را احساس خواهید کرد.



در مورد ماشین‌های بخاری که امروزه در نیروگاه‌های گرمایی (حرارتی) استفاده می‌شوند و نحوه‌ی کارکرد آن‌ها تحقیق کنید و نتیجه تحقیق را در کلاس ارائه نمایید.

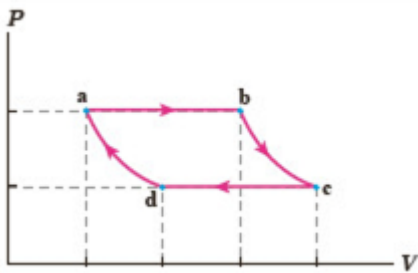
مسایل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱

در نیروگاه‌های حرارتی، انرژی گرمایی به توان الکتریکی تبدیل می‌شود. اساس کار کلیه‌ی نیروگاه‌های حرارتی گرم کردن آب، تبدیل آن به بخار آب و در پی آن چرخاندن یک توربین بخار است که یک مولد (ژنراتور) را به راه می‌اندازد. بخار پس از عبور از توربین، در یک چگالنده چگالیده شده و به آب تبدیل می‌گردد. سپس این آب به دیگ بخار برگردانده می‌شود و در آن‌جا به بخار داغ پُرفشار تبدیل گردیده و مجدداً به طرف توربین می‌رود و این چرخه دوباره تکرار می‌گردد که در واقع همان چرخه‌ی رانکین ماشین‌های بخار است. منبع انرژی یک نیروگاه که از ساز و کار ماشین بخار استفاده می‌کند می‌تواند متفاوت باشد که البته سوخت‌های فسیلی غالب هستند، گرچه از انرژی هسته‌ای، انرژی زمین گرمایی (ژئوترمال)، و انرژی خورشیدی استفاده می‌شود.



شکل روبه‌رو یک چرخه‌ی ترمودینامیکی فرضی را نشان می‌دهد.  
 الف) کار انجام شده روی دستگاه در هر فرایند را برحسب سطح زیر نمودار آن بیان کنید.  
 ب) نشان دهید مقدار کار کل انجام شده روی دستگاه برابر با مساحت داخل چرخه است.  
 پ) کار کل انجام شده روی دستگاه مثبت است یا منفی؟ توضیح دهید.

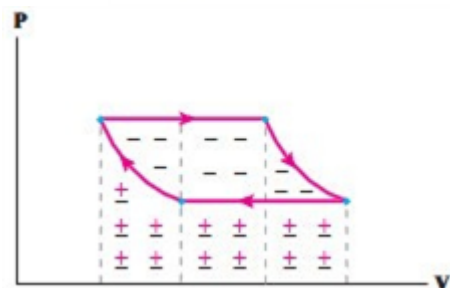
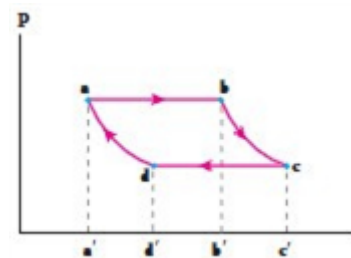


مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱

الف) برای آن‌که منظور مشخص شود، محل‌های تقاطع خط چین‌های عمودی با محور  $V$  را به‌ترتیب با  $a'$ ،  $b'$ ،  $c'$  و  $d'$  نمایش می‌دهیم:

بنابراین، قدر مطلق کار انجام شده در فرایند  $da$  برابر مساحت محصور در سطح  $abb'a'$ ، قدر مطلق کار انجام شده در فرایند  $ab$  برابر مساحت محصور در سطح  $abb'a'$  و قدر مطلق کار انجام شده در فرایند  $bc$  برابر مساحت محصور در سطح  $bcc'b'$  و قدر مطلق کار انجام شده در فرایند  $cd$  برابر مساحت محصور در سطح  $dcc'd'$  است. اما علامت‌های کار (محیط روی دستگاه) با توجه به این‌که در فرایندهای  $da$  و  $cd$  از حجم کاسته شده است، مثبت و در فرایندهای  $ab$  و  $bc$  که به حجم افزوده شده است، منفی است.  
 ب) کار انجام شده در چرخه برابر جمع جبری کارهای انجام شده در هر چهار فرایند است. اگر مساحت‌ها و علامت‌های کار را که در قسمت الف بررسی کردیم لحاظ کنیم، درمی‌یابیم کار محیط در این چرخه برابر با مساحت محصور در داخل چرخه است و بنابراین مقدار کار برابر مساحت داخل چرخه می‌شود.  
 پ) بنا به توضیح قسمت (ب) کار کل انجام شده روی دستگاه در این چرخه، منفی است. به عبارت دیگر، شکلی مانند شکل روبه‌رو داریم که همان‌طور که مشاهده می‌کنیم در آن علامت منفی غالب شده است.



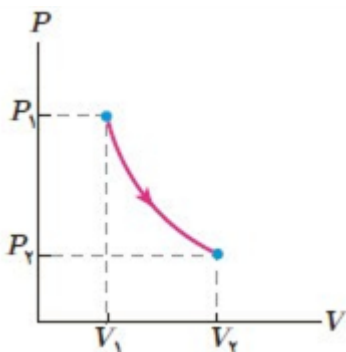
سرنگ آتش‌زنه استوانه‌ای کوچکی است مجهز به پیستونی که کاملاً بر سطح داخلی استوانه منطبق است. در فضای محبوس داخل سرنگ، فقط هوا و تکه‌ی کوچکی از پنبه قرار دارد. با راندن سریع پیستون به داخل، و تراکم بی‌درروی هوای محبوس، تکه‌ی پنبه مشتعل می‌شود. (معمولاً از کاغذ نیتروسولولز در این آزمایش استفاده می‌شود که نقطه‌ی اشتعال بسیار پایینی دارد.) چرا پنبه در این فرایند آتش می‌گیرد؟

مسایل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی - پایه دهم - فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱

در این‌جا برای هوای داخل سرنگ تراکمی بی‌دررو رخ می‌دهد، چرا که گفتیم هرگاه تغییر حجم گاز چنان به سرعت رخ دهد که گاز فرصت تبادل گرما با محیط را پیدا نکند، آن فرایند تراکمی یا انبساطی، بی‌دررو است. در یک تراکم بی‌دررو، دمای گاز کامل افزایش می‌یابد. بنابراین، در این‌جا دمای هوای داخل سرنگ زیاد می‌شود و با توجه به این‌که نقطه‌ی اشتعال کاغذ نیتروسولولز بسیار پایین است، با اندک افزایش دمایی مشتعل می‌شود. البته این آزمایش را می‌توان با انواع دیگری از کاغذ نیز انجام داد ولی لازمه‌ی آن دقت فراوان در انجام آزمایش است، در حالی‌که با کاغذ نیتروسولولز، به سادگی می‌توان به نتیجه رسید.

گازی آرمانی را با حجم  $V_1$  و فشار  $P_1$  در نظر بگیرید. اگر این گاز را با یک فرایند بی‌دررو متراکم کنیم، نشان داده می‌شود که نمودار  $P - V$  ی آن خمی مشابه شکل روبه‌رو می‌شود که اندکی با خم یک فرایند هم‌دما متفاوت است. با فرض آن‌که گاز در طی دو فرایند هم‌دما و بی‌دررو که از حجم و فشار یکسانی شروع می‌شوند، به حجم یکسانی تراکم یابد، نمودارهای این دو فرایند را در یک صفحه  $P - V$  رسم و با هم مقایسه کنید. در کدام فرایند مقدار بیش‌تر است؟



مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

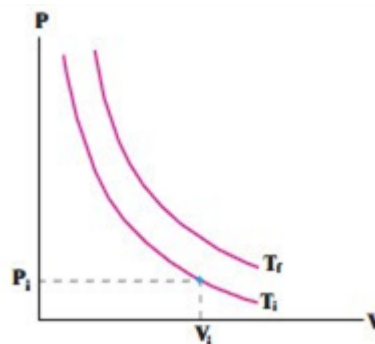
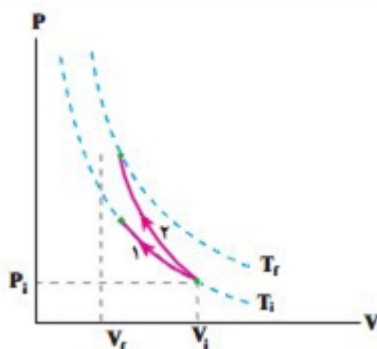
**پاسخ: ۱** با توجه به این که در تراکم، کار محیط روی گاز (دستگاه) مثبت است، نتیجه می‌گیریم  $\Delta U > 0$

است. چون گاز، کامل (آرمانی) است افزایش انرژی درونی گاز با افزایش دمای آن همراه است؛ یعنی دمای گاز افزایش می‌یابد. این نتیجه از رابطه  $\Delta U = nC_V \Delta T$  نیز قابل مشاهده است.

در رسم منحنی‌های هم‌دما، دمای بالاتر مربوط به خم (منحنی) بالاتر است؛ مانند شکل روبه‌رو:

بدیهی است که در تراکم هم‌دما، دما تغییر نمی‌کند و همواره  $T = T_i$  است (مسیر ۱). ولی نشان دادیم که در تراکم هم‌دما، دمای گاز افزایش می‌یابد، پس گاز باید به دمای بالاتری مثل  $T_f$  برسد (مسیر ۲).

چون سطح زیر نمودار مربوط به تراکم بی‌دررو بیش‌تر است،  $|W|$  برای این فرایند مقدار بیش‌تری دارد.



۴۱

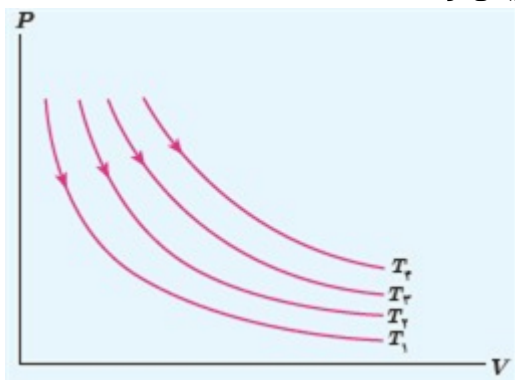
وقتی در یک نوشابه‌ی گازدار خیلی سرد را سریع باز می‌کنیم، مشاهده می‌شود که هاله‌ی رقیقی در اطراف دهانه‌ی نوشابه ایجاد می‌شود. این پدیده را توجیه کنید.

مسایل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی- پایه دهم- فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱

وقتی در نوشابه باز می‌شود، گاز محبوس در بالای آن و نیز گاز کربن دی‌اکسید خارج شده از نوشابه انبساط می‌یابد. این انبساط چنان سریع صورت می‌گیرد که آن را می‌توان تقریباً بی‌دررو پنداشت. بنابراین انرژی لازم برای انبساط گاز صرفاً توسط انرژی درونی تأمین می‌شود که همان انرژی گرمایی خود گاز است. بنابراین، گاز انرژی گرمایی از دست می‌دهد و سردتر می‌شود که این باعث می‌گردد بخار آب موجود در گاز در حال انبساط به صورت قطرات آب درآید. این قطرات موجود در هوا، هاله‌ی رقیقی را تشکیل می‌دهند که در اطراف دهانه‌ی بطری دیده می‌شود. (توجه کنید اگر دمای مایع در نزدیک نقطه‌ی انجماد باشد یخ زدن نوشابه نیز ممکن است رخ دهد. چرا که وقتی در بطری باز می‌شود، فشار داخل آن ناگهان تا فشار جو کاهش می‌یابد و این به بالا رفتن نقطه‌ی انجماد مایع می‌انجامد. مایع که دمای آن اکنون زیر نقطه‌ی انجماد جدید قرار دارد، شروع به یخ زدن می‌کند.)

در شکل روبه‌رو، نمودار  $P - V$  مربوط به انبساط هم‌دمای یک گاز آرمانی در دماهای مختلف رسم شده است. الف) نشان دهید:  $T_4 > T_3 > T_2 > T_1$ . (راهنمایی: خطی عمود بر محور  $V$  یا عمود بر محور  $P$  رسم کنید، به گونه‌ای که هر چهار نمودار را قطع کند و سپس قانون گازهای آرمانی را برای نقطه‌های برخورد با منحنی‌ها به کار ببندید) ب) در یک تغییر حجم معین، اندازه‌ی کار انجام شده در کدام فرایند بیش‌تر است؟



مسایل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی‌های کتابهای درسی-پایه دهم-فیزیک (۱) ریاضی

**پاسخ: ۱** با توجه به معادله‌ی حالت گاز کامل داریم:

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

اگر طبق راهنمایی، خطی عمودی بر محور حجم رسم کنیم به گونه‌ای که هر چهار نمودار را قطع کند از رابطه‌ی بالا در می‌یابیم که برای چهار نقطه‌ی تلاقی که در آن‌ها  $nR/V$  (ضریب  $T$ ) برابر است، فشار کمتر مربوط به دمای کم‌تر است. بنابراین، منحنی  $T_1$  که خط عمود بر محور حجم را در جا (فشار) پایین‌تری قطع کرده است کم‌ترین دما را دارد و منحنی  $T_4$  که خط عمود بر محور را در جا (فشار) بالاتری قطع کرده است، بیش‌ترین دما را دارد و بدین ترتیب  $T_4 > T_3 > T_2 > T_1$  است. در این صورت، معادله‌ی حالت گاز کامل را به صورت زیر بنویسیم:

$$V = \left( \frac{nR}{P} \right) T$$

حال اگر خطی به محور فشار رسم کنیم؛ به گونه‌ای که هر چهار نمودار را قطع کند، از رابطه‌ی بالا در می‌یابیم در مقایسه‌ی این چهار نقطه‌ی تقاطع، کم‌ترین حجم مربوط به کم‌ترین دما و بیش‌ترین حجم مربوط به بیش‌ترین دما است. بنابراین داریم:

$$T_4 > T_3 > T_2 > T_1$$

از این تمرین در می‌یابیم که نمودارهای هم‌دما برای ما حکم یک دماسنج را دارند و با مشاهده‌ی آن‌ها در مقایسه با یک‌دیگر می‌توان دربار‌ه‌ی دما اظهار نظر کرد و با مشاهده‌ی نمودار یک فرایند در زمینه‌ی آن‌ها می‌توان دربار‌ه‌ی تغییر دمای گاز در مسیر آن فرایند اظهار نظر کرد.

ب) همان‌طور که اشاره کردیم، مقدار کار برابر مساحت زیر نمودار  $P - V$  است. چون مساحت زیر منحنی  $T_1$  از همه کم‌تر و مساحت زیر منحنی  $T_4$  از همه بیش‌تر است، بنابراین داریم:

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

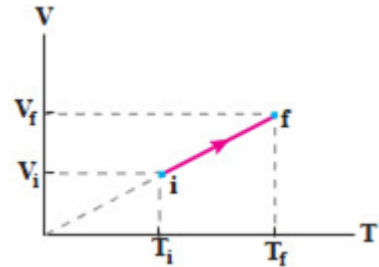
نشان دهید نمودار  $V - T$  برای فرایند هم‌فشار یک گاز آرمانی، خط راستی است که امتداد آن از مبدأ مختصات می‌گذرد.

مسائل، تمرینات، فعالیتها و خودآزمایی های کتابهای درسی - پایه دهم - فیزیک (۱) ریاضی

پاسخ: ۱ چون گاز، کامل (آرمانی) است با استفاده از معادله‌ی حالت گاز آرمانی داریم:

$$V = \left( \frac{nR}{P} \right) T$$

چون  $nR|P$  ثابت است، رابطه‌ی بالا معادله‌ی یک خط راست است که امتداد (برونیایی) آن از مبدأ مختصات می‌گذرد. بنابراین نمودار این رابطه به شکل روبه‌رو می‌شود.



۱ در ماشین دیزل به جای مخلوط سوخت و هوا، خود هوا به طور بی‌دررو متراکم و در نتیجه داغ می‌شود تا این‌که بتواند گازوئیلی را که به داخل استوانه پاشیده می‌شود محترق کند.

۲ وسیله‌ای است که با انجام کار، گرما را از منبع دما پایین می‌گیرد و به منبع دما بالا می‌دهد.

۳ ماشین بخار و ماشین استرلینگ

۴ الف) d ب) f پ) a ت) c

الف)  $Pv = nRT \Rightarrow 3 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} = 1 \times 8 \times T \Rightarrow T = \frac{6 \times 10^2}{8} = 75^\circ K$

ب)  $W = S = 5 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-2} = 1500 J$

$W > 0$  چرخه پادساعتگرد

پ)  $\Delta u = 0 \quad Q = -w = -1500 J$

۶ الف) ۱) هم‌دما ۲) بی‌درو

ب) در فرایند ۱ زیرا سطح زیر نمودار کمتر است.

پ) افزایش - به علت تراکم ( $\Delta u = w > 0$ ) انرژی درونی افزایش می‌یابد و در نتیجه  $\Delta T$  نیز افزایش می‌یابد.

$\Delta T > 0$

$\frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2} \Rightarrow \frac{3 \times v_1}{227 + 273} = \frac{4 \times 72}{127 + 273}$

$v_2 = \frac{3}{5} v_1 \Rightarrow v_1 - 2 = v_2 \Rightarrow v_1 - 2 = \frac{3}{5} v_1$

$\frac{2}{5} v_1 = 2 \Rightarrow v_1 = 5 \text{ lit}$

$\eta = \frac{w}{Q_H} \Rightarrow 0.4 = \frac{w}{1000} \Rightarrow w = 400 J$

$Q_H = Q_L + w \Rightarrow Q_L = 1000 - 400 = 600 J$

$p_1 \times v_1 = p_2 \times v_2 \Rightarrow p_2 = \frac{12}{3} = 4 \text{ atm}$

$\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta u = 0 \Rightarrow w = -Q$

$s = |w| = 800 J$

$Q = -800 J$

۱۰ نادرست

الف) قدرمطلق کار برابر با مساحت زیر نمودار فرایند ترمودینامیکها در صفحه  $P - V$  است. از روی شکل دیده می‌شود که مساحت زیر نمودار فرایند هم‌فشار از همه بیش‌تر و مساحت زیر نمودار فرایند بی‌دررو از همه کم‌تر است. بنابراین مقدار کار انجام شده از کم‌ترین تا بیش‌ترین به ترتیب بی‌دررو، هم‌دما و هم‌فشار است. البته در سوال از کار گاز روی محیط پرسیده شده است که با توجه به انبساطی بدون هر سه فرایند، برای هر فرایند مقداری مثبت است. پس همین مقایسه در مورد خود کارها نیز درست است.

ب) از قانون گازهای کامل درمی‌یابیم که در فرایند هم‌فشار با افزایش حجم، دما افزایش می‌یابد. در فرایند هم‌دما نیز بدیهی است که دما ثابت می‌ماند. در فرایند بی‌دررو نیز از قانون اول ترمودینامیک درمی‌یابیم که در انبساط، کاهش دما داریم. بنابراین دمای نهایی در این سه فرایند از کم‌ترین تا بیش‌ترین به ترتیب بی‌دررو، هم‌دما و هم‌فشار می‌شود. پ) در فرایند بی‌دررو  $Q = 0$  و در فرایندهای هم‌دما و هم‌فشار  $Q > 0$  است. با توجه به این‌که تغییر انرژی درونی و مقدار کار در فرایند هم‌دما از فرایند هم‌فشار کم‌تر است و نیز کار در هر دو فرایند منفی است، بنابراین در این مورد نیز ترتیب گرمای داده شده به ترتیب از کم‌ترین تا بیش‌ترین، بی‌دررو، هم‌دما و هم‌فشار می‌شود.

۱۲) از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta U = Q + W = -31 \text{ kJ} + 40 \text{ kJ} = 9 \text{ kJ}$$

۱۳) وقتی سرنگ حاوی هوا را در آب می‌اندازیم و مدتی صبر می‌کنیم، هوای درون سرنگ با آب هم‌دما می‌شود. از این به بعد، هوای درون سرنگ (به عنوان دستگاه) در تماس گرمایی با حجم بزرگ آب (به عنوان منبع گرما) است. دستگاه و منبع، دمای مساوی دارند. با فشردن کُند و آرام پیستون، فشار هوای درون سرنگ افزایش و حجم آن کاهش می‌یابد. ولی از آن‌جا که هوای سرنگ (دستگاه) در تماس گرمایی با آب (منبع گرما) است و فرایند به کندی رخ می‌دهد، دمای دستگاه همان دمای منبع باقی می‌ماند، یعنی دما ثابت است و بنابراین یک انبساط هم‌دما داریم.

۱۴) می‌دانیم که کار در فرایند هم‌فشار از رابطه  $W = -P\Delta V$  به دست می‌آید. از روی شکل داده شده برای فرایند هم‌فشار درمی‌یابیم که حاصل‌ضرب  $P\Delta V$  در واقع مساحت زیر نمودار  $P - V$  (مساحت ناحیه‌ی هاشورخورده) است. بنابراین می‌توان گفت که در فرایند هم‌فشار، قدرمطلق کار انجام شده (قدرمطلق کار محیط روی دستگاه) برابر با سطح زیر نمودار  $P - V$  است.

$$\bar{1}) |W| = Q_H - |Q_C| \quad (0/25) \quad |W| = 3 \times 10^1 - (1/8 \times 10^1)(0/25) \rightarrow |W|$$

$$= 1/2 \times 10^1 J (0/25)$$

$$\text{ب)} \quad \eta = \frac{|W|}{Q_H} (0/25) \rightarrow \eta = \frac{1/2 \times 10^1}{3 \times 10^1} = 0/4 \rightarrow 40\% (0/25)$$

ص ۲۵

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow 0/2 = \frac{2/5 \times 10^3}{Q_H} \Rightarrow Q_H = 12/5 \times 10^3 J$$

$$W = -S \Rightarrow W = -(|W_{bc}| - |W_{ca}|) \Rightarrow W = -(6000 - (200 \times 10^3 \times 20 \times 10^{-3})) \Rightarrow W = -2000$$

پ) ۳

ب) ۱

الف) ۴



الف)  $V_A = V_B$

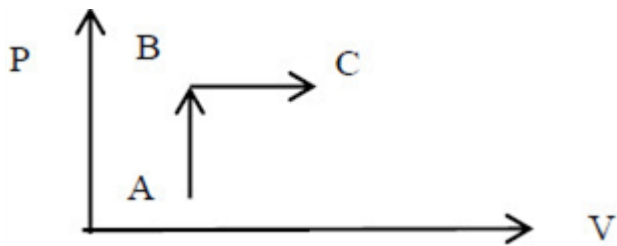
ب)  $W = -0.5 \times 8 \times 300 \Rightarrow W = -1200 J$

الف)  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = 2T_1 = 150 K$

ب)  $W = -S \Rightarrow W = -2 \times 10^5 \times 20 \times 10^{-3} = -4000 J$

پ) در فرایندهای AB و BC

$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 2/5 \times 4 = 0.5 V_2 \Rightarrow V_2 = 20 L$



$Q_H = 8 kJ$   
 $|W| = 2 kJ \Rightarrow \eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{1}{4} = 25\%$

ب)  $m_{\text{سوخت مصرف شده}} = \frac{Q_H}{E} = \frac{8 \times 10^3 J}{5 \frac{J}{g}} = 1600 g$  در هر چرخه

$P = \frac{W}{t} = \frac{40 \times 2 kJ}{1 s} = 80 kW$

پ) در هر ثانیه ۴۰ چرخه کامل انجام می‌گیرد:

$Q_H = |W| + |Q_C| \Rightarrow |W| = Q_H - |Q_C| = 100 - 60 = 40 J$

$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{40}{100} = 40\%$

$P = \frac{|W|}{t}$

$t = 1 s \Rightarrow$  تعداد دو چرخه کامل در هر ثانیه انجام می‌شود.

$P = \frac{2 \times 40 J}{1 s} = 80 W$

$$\text{الف)} \quad T_C = T_A = \frac{P_A V_A}{nR} = \frac{(2/4 \times 1/01 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(2/2 \times 10^{-2} \text{ m}^3)}{(0/32 \text{ mol})(8/314 \text{ J/mol} \cdot \text{K})}$$

$$= 200/4 \text{ K} \approx 2/0 \times 10^2 \text{ K}$$

$$T_B = \frac{P_B V_B}{nR} = \frac{P_A (2V_A)}{nR} = \frac{2P_A V_A}{nR} = 2T_A = 400/4 \text{ K} \approx 4/0 \times 10^2 \text{ K}$$

ب) فرایند  $A \rightarrow B$  را با شاخص پایین ۱ و فرایند  $B \rightarrow C$  را با شاخص پایین ۲ و فرایند  $C \rightarrow A$  را با شاخص پایین ۳ نشان می‌دهیم.

$$\Delta U_1 = Q_1 + W_1$$

$$Q_1 = nC_P \Delta T = \frac{5}{2} nR \Delta T = \frac{5}{2} (0/32 \text{ mol})(8/314 \text{ J/mol} \cdot \text{K})(201 \text{ K}) = 1337 \text{ J} \approx 1/3 \text{ kJ}$$

$$W_1 = -P_A \Delta V = -P_A (V_B - V_A) = (-2/4 \times 1/01 \times 10^5 \text{ Pa})(2/2 \times 10^{-2} \text{ m}^3)$$

$$= -523/3 \text{ J} \approx -0/52 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta U_1 = Q_1 + W_1 = 1/3 \text{ kJ} - 0/52 \text{ kJ} = 0/77 \text{ kJ} \approx 0/8 \text{ kJ}$$

(که البته این نتیجه را می‌توانیم از رابطه‌ی  $\Delta U = nC_V \Delta T$  نیز به دست آوریم)

$$\Delta U_2 = Q_2 + W_2$$

$$Q_2 = nC_V \Delta T = \frac{3}{2} nR \Delta T = \frac{3}{2} [(0/32 \text{ mol})(8/314 \text{ J/mol} \cdot \text{K})(-200/5 \text{ K})]$$

$$= -800/1 \text{ J} \approx -0/80 \text{ kJ} \Rightarrow \Delta U_2 = 0 + (-0/80 \text{ kJ}) \approx -0/80 \text{ kJ}$$

چون فرایندی چرخه‌ای داریم  $\Delta U = 0$  است. بنابراین  $Q = -W$  می‌شود که در آن  $W$  کار محیط است. از طرفی

می‌دانیم مقدار کار انجام شده در چرخه برابر مساحت محصور در چرخه است و در چرخه‌های ساعت‌گرد کار انجام شده بر روی دستگاه منفی است. بنابراین:

$$W = -S_{ABC} = -\frac{1}{2} \left[ (30/0 - 10/0) \times 10^5 \text{ N/m}^2 \right] \left[ (4/0 - 1/0) \times 10^{-2} \text{ m}^2 \right] = -3/0 \times 10^3 \text{ J}$$

و از آن‌جا  $Q = 3/0 \times 10^3 \text{ J}$  می‌شود.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

الف) با استفاده از قانون گازهای کامل داریم:

با جای‌گذاری  $P_1 = 1/0 \text{ atm}$ ,  $P_2 = 3/0 \text{ atm}$ ,  $V_1 = V_2$  و  $T_1 = 200 \text{ K}$  به  $T_2 = 600 \text{ K}$  می‌رسیم. که با توجه

قواعد محاسبه‌ی ارقام معنی‌دار باید به صورت  $6/0 \times 10^2 \text{ K}$  بیان شود. اکنون با استفاده از قانون گازهای کامل  $T_1$  و  $T_2$  را نیز به دست می‌آوریم.

$$T_2 = T_1 \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = T_1 \frac{V_2}{V_1} = (600 \text{ K}) \left( \frac{300 \text{ L}}{100 \text{ L}} \right) = 1800 \text{ K} = 1/8 \times 10^3 \text{ K}$$

$$T_1 = T_2 \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = T_2 \frac{P_1}{P_2} = (1800 \text{ K}) \left( \frac{1/0 \text{ atm}}{3/0 \text{ atm}} \right) = 600 \text{ K} = 6/0 \times 10^2 \text{ K}$$

ب) مقدار کار انجام شده برابر با مساحت محصور در چرخه است که چنین می‌شود.

$$|W| = \left[ (300 - 100)(10^{-2} \text{ m}^2)(3/0 - 1/0)(10^5 \text{ N/m}^2) \right] = 4/0 \times 10^3 \text{ J}$$

پ) در فرایندهای  $1 \rightarrow 2$  و  $2 \rightarrow 3$  دمای گاز زیاد شده است و با توجه به رابطه‌های  $Q = nC_P \Delta T$  و  $Q = nC_V \Delta T$  در می‌یابیم گاز گرما می‌گیرد.

ت) در فرایندهای  $3 \rightarrow 1$  و  $4 \rightarrow 3$  دمای گاز کم شده است و با توجه به رابطه‌های  $Q = nC_P \Delta T$  و  $Q = nC_V \Delta T$  در می‌یابیم گاز گرما از دست می‌دهد.

الف) در فرایند چرخه‌ای  $\Delta U = 0$  است و در نتیجه از قانون اول ترمودینامیک نتیجه می‌گیریم  $Q = -W$  است با توجه به این‌که چرخه ساعت‌گرد طی شده است کار محیط منفی است. بنابراین  $Q$  مثبت می‌شود و دستگاه گرما می‌گیرد. ب) در قسمت الف دیدیم که  $Q$  مثبت است و در نتیجه داریم:

$$W = -Q = -400 J$$

در چرخه‌های پادساعت‌گرد در صفحه‌ی  $P - V$  کار محیط ( $W$ ) مثبت است. از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta U = Q + W$$

که در آن  $W$  کار محیط است. توجه کنید که در این‌جا فرایند چرخه‌ای داریم و  $\Delta U = 0$  است. در مورد علامت  $W$  نیز می‌توانیم این فرایند چرخه‌ای را به سه بخش تقسیم کنیم. بدیهی است که در فرایند هم‌حجم کار صفر است. اما مساحت زیر فرایند هم‌فشاری که در آن حجم کاهش یافته است، بیش‌تر از فرایند دیگری است که در آن افزایش حجم داریم. بنابراین کار محیط مثبت و کار دستگاه منفی است. اکنون با توجه به قانون اول ترمودینامیک برای فرایند چرخه‌ای می‌دانیم  $Q = -W$  است و بنابراین  $Q$  نیز منفی می‌شود.

با استفاده از تعریف کار و رابطه‌ی انبساط حجمی داریم:

$$W_{\text{کار مکعب روی هوا}} = -W = P\Delta V = P(\beta V\Delta T)$$

$$= (1/01 \times 10^5 N/m^2) \left[ (3 \times 23 \times 10^{-6} / ^\circ C) (8/0 \times 10^{-2} m^3) (100/0 ^\circ C) \right] = 5/8 J$$

$$Q = mC\Delta T = (\rho V)C\Delta T \quad \text{از طرفی:}$$

$$= (2/7 \times 10^3 kg/m^3) (8/0 \times 10^{-2} m^3) (900 J/kg \cdot K) (100/0 K) = 1/94 \times 10^6 J$$

$$\Rightarrow \Delta U = Q + W = 1/94 \times 10^6 J - 5/6 J = 1/94 \times 10^6 J$$

توجه کنید که کار انجام شده در برابر  $Q$  بسیار ناچیز و اهمیت ندارد که این فرایند در خلأ صورت گیرد ( $W = 0$ ) یا خیر. تغییر انرژی درونی در دو حالت یکسان است.

الف) نخست قانون اول ترمودینامیک را برای مسیر  $abc$  می‌نویسیم:

$$\Delta U_{abc} = Q_{abc} + W_{abc} = 90 J + (-70 J) = 20 J$$

ب) قدرمطلق کار انجام شده برابر با مساحت زیر نمودار فرایند در صفحه‌ی  $P - V$  است. بنابراین، بدیهی است که مساحت زیر مسیر  $adc$  کم‌تر از مساحت زیر مسیر  $abc$  است و در نتیجه مقدار کار در مسیر  $abc$  کم‌تر از مقدار کار در مسیر  $adc$  است. از طرفی در هر دو فرایند گاز انبساط یافته است و بنابراین کار محیط منفی و کار دستگاه (گاز) مثبت است. بنابراین کار گاز نیز در مسیر  $adc$  کم‌تر از مسیر  $abc$  است. برای مقایسه‌ی گرمای داده شده به گاز، باید از قانون اول ترمودینامیک استفاده کنیم:  $Q = \Delta U - W$ . چون  $\Delta U$  برای دو مسیر یکسان است باید  $W$ ها را با هم مقایسه کنیم. چون مقدار کار در مسیر  $adc$  کوچک است و از طرفی  $W$  کار محیط روی گاز و در هر دو مسیر منفی است پس  $W_{adc} > W_{abc}$  است و در نتیجه  $Q$  در مسیر  $adc$  کوچک‌تر است.

پ) چرخه‌ی بسته‌ای را در نظر بگیرید که شامل مسیر  $abc$  و مسیر خمیده‌ی بازگشت است. چون:

$$\Delta U = \Delta U_{abc} + \Delta U_{ca} = 0$$

نتیجه می‌گیریم که باید به اندازه‌ی  $\Delta U_{abc} = 20 J$  از گاز انرژی بگیریم. البته چون در این بخش، هنوز چرخه مطرح نشده است می‌توانیم این طور نیز استدلال کنیم:

$$\Delta U_{abc} = U_c - U_a \text{ و } \Delta U_{ca} = U_a - U_c \Rightarrow -\Delta U_{abc} = -20 J$$

(مساحت دوزنقه) = - (کار گاز) = - کار محیط

$$= -\frac{1}{2} \left[ (3/00 + 2/00) (1/01 \times 10^5 N/m^2) \right] (2/00 \times 10^{-3} m^2) = -50.5 J$$

و آن‌گاه با استفاده از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$Q = \Delta U - W_{\text{محیط}} = (912 J - 456 J) + 50.5 J = 961 J$$

چون Q مثبت شده است این بدین معنی است که گاز گرما گرفته است.

این آزمایش مشابه حالتی است که گاز محبوس در استوانه‌ای با پیستون آزاد در تماس با یک منبع گرما با دمای قابل تنظیم است و دمای منبع به آرامی بالا می‌رود.

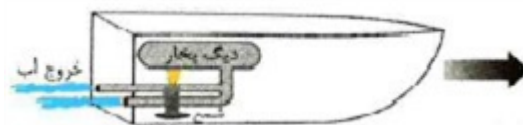
به علت اختلاف جزئی دمای بین منبع (آب) و هوای درون سرنگ، گرما به کندی به هوای محبوس درون سرنگ منتقل می‌شود و هوا به آرامی [در فشار ثابت] اندکی منبسط می‌گردد و پیستون، سرنگ را اندکی به جلو می‌راند. اگر گرما دادن را به همین روش تدریجی ادامه دهیم، ضمن افزایش دما و حجم هوای درون سرنگ، پیستون به آهستگی حرکت می‌کند. وقتی سرنگ به طور افقی درون آب قرار گرفته است، اختلاف فشاری بین درون سرنگ و آب بیرون آن وجود ندارد و به محض این‌که یکی از این دو فشار اندکی افزایش یا کاهش یابد، پیستون جابه‌جا می‌گردد تا دوباره فشارها برابر شوند. و چون در این‌جا فشار آب تغییر نمی‌کند، فشار درون سرنگ هم تغییر نخواهد کرد و انبساطی هم‌فشار خواهیم داشت.

الف) اگر پیستون را با گیره‌ای ثابت کنیم و دمای گاز را با استفاده از یک منبع گرما به تدریج افزایش یا کاهش دهیم، فشار گاز طی یک فرایند هم‌حجم ایستاوار، افزایش یا کاهش می‌یابد.

ب) با افزایش دمای کند و تدریجی توسط منبع گرما، در هر مرحله به علت اختلاف دمای جزئی بین منبع و دستگاه، مقدار کمی گرما به گاز منتقل می‌شود که در نتیجه آن گاز کمی منبسط می‌شود و پیستون را که حالا آزاد است اندکی به طرف بالا جابه‌جا می‌کند. اگر گرما دادن را به همین روش به صورت آهسته ادامه دهیم، گاز به کندی منبسط می‌شود و پیستون به طور ایستاوار به بالا حرکت می‌کند. شتاب حرکت پیستون چنان کم است که می‌توان گفت در طی گرما دادن همواره فشار گاز ثابت می‌ماند. برای کاهش حجم ایستاوار و هم‌فشار گاز نیز، به روش مشابه، دمای منبع گرما را به تدریج و به کندی کاهش می‌دهیم.

قایق پوت پوت سیلندر، پیستون، میل‌لنگ، سوپاپ‌های ورود و خروج بخار و ... ندارد ولی در آن چرخه‌ای مشابه چرخه‌ی ماشین بخار رخ می‌دهد و این چرخه کار مکانیکی موردنیاز برای به حرکت درآوردن قایق در یک استخر یا حوض آب را تأمین می‌کند.

می‌توانید برای ساختن قایق از یک بطری پلاستیکی استفاده کنید. بطری را مطابق شکل طوری از وسط نصف کنید که هر نیمه‌ی آن شبیه یک قایق کوچک باشد. یک لوله‌ی مسی به قطر تقریباً ۳ mm و طول تقریباً ۷۰ cm (بسته به بزرگی و کوچکی قایق) تهیه و آن را مطابق شکل خم کنید. (این نوع لوله را می‌توانید از تعمیرگاه‌های یخچال بخرید.) برای درست کردن بخش پیچه‌ای شکل در خم این لوله، می‌توانید لوله را دور یک میله بپیچانید. دو سوراخ کوچک در انتهای قایق ایجاد کنید و دو سر لوله‌ی مسی را مطابق شکل از این دو سوراخ عبور دهید. دقت کنید سوراخ‌ها خیلی کوچک باشند طوری که وقتی دو سر لوله‌ی مسی را از آن‌ها عبور می‌دهید، سوراخ‌ها به خوبی مسدود شوند و وقتی قایق روی آب قرار می‌گیرد، آب از کناره‌های این سوراخ‌ها وارد قایق نشود. یک شمع تزئینی که درون استوانه‌ی آلومینیمی کوچکی قرار دارد را مطابق شکل، زیر قسمت پیچه مانده لوله‌ی مسی قرار دهید، طوری که وقتی شمع روشن شد پیچه را داغ کند. لوله‌ی مسی را کاملاً از آب پر کنید. به این منظور می‌توانید یک سر لوله را درون آب قرار دهید و از سر دیگر لوله، هوای درون لوله را بکشید. با مکیدن هوای درون لوله، آب کلّ لوله را پر می‌کند. دو انتهای لوله را با انگشتانتان بگیرید و قایق را طوری در آب قرار دهید که دو انتهای لوله کاملاً درون آب باشد. اکنون شمع را روشن کنید. مدتی طول می‌کشد تا آب داخل بخش پیچه‌ای شکل لوله به اندازه‌ی کافی داغ و بخار شود. حالا قایق به راه می‌افتد. با نگاه دقیق به حرکت قایق، مشاهده‌ی امواج آب که در محل دو انتهای لوله‌ی مسی تشکیل می‌شود، گوش دادن به صدای قایق و ... متوجه می‌شوید که حرکت قایق به صورت بُریده بُریده و منقطع انجام می‌شود. در واقع در هر ثانیه، چند ضربه قایق زده می‌شود و با هر ضربه قایق کمی به جلو می‌جهد. اگر انگشتتان را پشت دو انتهای لوله و درون آب قرار دهید و البته با این کار مزاحم حرکت قایق نشوید، این ضربه‌ها را احساس خواهید کرد.



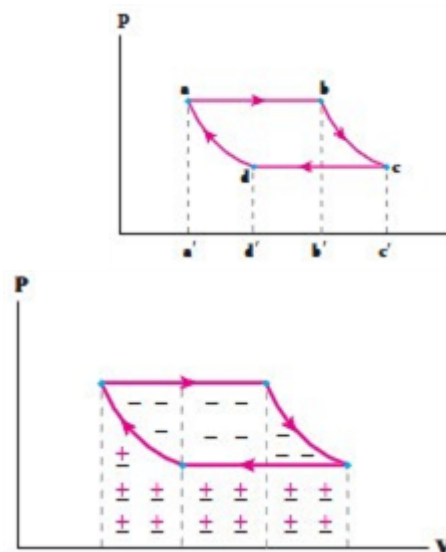
در نیروگاه‌های حرارتی، انرژی گرمایی به توان الکتریکی تبدیل می‌شود. اساس کار کلیه‌ی نیروگاه‌های حرارتی گرم کردن آب، تبدیل آن به بخار آب و در پی آن چرخاندن یک توربین بخار است که یک مولّد (ژنراتور) را به راه می‌اندازد. بخار پس از عبور از توربین، در یک چگالنده چگالیده شده و به آب تبدیل می‌گردد. سپس این آب به دیگ بخار برگردانده می‌شود و در آن‌جا به بخار داغ پُرفشار تبدیل گردیده و مجدداً به طرف توربین می‌رود و این چرخه دوباره تکرار می‌گردد که در واقع همان چرخه‌ی رانکین ماشین‌های بخار است. منبع انرژی یک نیروگاه که از ساز و کار ماشین بخار استفاده می‌کند می‌تواند متفاوت باشد که البته سوخت‌های فسیلی غالب هستند، گرچه از انرژی هسته‌ای، انرژی زمین گرمایی (ژئوثرمال) ، و انرژی خورشیدی استفاده می‌شود.

الف) برای آن که منظور مشخص شود، محل‌های تقاطع خط چین‌های عمودی با محور  $V$  را به ترتیب با  $a'$ ،  $b'$ ،  $c'$  و  $d'$  نمایش می‌دهیم:

بنابراین، قدر مطلق کار انجام شده در فرایند  $da$  برابر مساحت محصور در سطح  $abb'a'$ ، قدر مطلق کار انجام شده در فرایند  $ab$  برابر مساحت محصور در سطح  $abb'a'$  و قدر مطلق کار انجام شده در فرایند  $bc$  برابر مساحت محصور در سطح  $bcc'b'$  و قدر مطلق کار انجام شده در فرایند  $cd$  برابر مساحت محصور در سطح  $dcc'd'$  است. اما علامت‌های کار (محیط روی دستگاه) با توجه به این که در فرایندهای  $da$  و  $cd$  از حجم کاسته شده است، مثبت و در فرایندهای  $ab$  و  $bc$  که به حجم افزوده شده است، منفی است.

ب) کار انجام شده در چرخه برابر جمع جبری کارهای انجام شده در هر چهار فرایند است. اگر مساحت‌ها و علامت‌های کار را که در قسمت الف بررسی کردیم لحاظ کنیم، درمی‌یابیم کار محیط در این چرخه برابر با مساحت محصور در داخل چرخه است و بنابراین مقدار کار برابر مساحت داخل چرخه می‌شود.

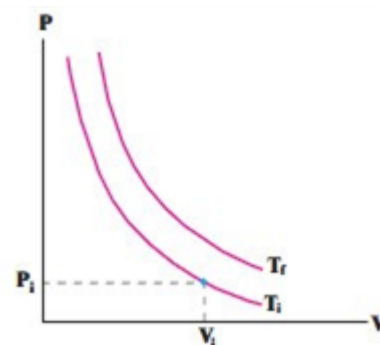
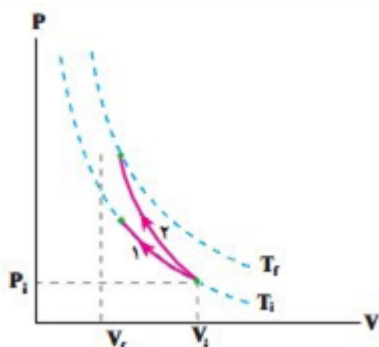
پ) بنا به توضیح قسمت (ب) کار کلّ انجام شده روی دستگاه در این چرخه، منفی است. به عبارت دیگر، شکلی مانند شکل روبه‌رو داریم که همان‌طور که مشاهده می‌کنیم در آن علامت منفی غالب شده است.



در این‌جا برای هوای داخل سرنگ تراکمی بی‌دررو رخ می‌دهد، چرا که گفتیم هرگاه تغییر حجم گاز چنان به سرعت رخ دهد که گاز فرصت تبادل گرما با محیط را پیدا نکند، آن فرایند تراکمی یا انبساطی، بی‌دررو است. در یک تراکم بی‌دررو، دمای گاز کامل افزایش می‌یابد. بنابراین، در این‌جا دمای هوای داخل سرنگ زیاد می‌شود و با توجه به این که نقطه‌ی اشتعال کاغذ نیتروسولوز بسیار پایین است، با اندک افزایش دمایی مشتعل می‌شود. البته این آزمایش را می‌توان با انواع دیگری از کاغذ نیز انجام داد ولی لازمی آن دقت فراوان در انجام آزمایش است، در حالی که با کاغذ نیتروسولوز، به سادگی می‌توان به نتیجه رسید.

با توجه به این که در تراکم، کار محیط روی گاز (دستگاه) مثبت است، نتیجه می‌گیریم  $\Delta U > 0$  است. چون گاز، کامل (آرمانی) است افزایش انرژی درونی گاز با افزایش دمای آن همراه است؛ یعنی دمای گاز افزایش می‌یابد. این نتیجه از رابطه  $\Delta U = nC_V \Delta T$  نیز قابل مشاهده است.

در رسم منحنی‌های هم دما، دمای بالاتر مربوط به خم (منحنی) بالاتر است؛ مانند شکل روبه‌رو: بدیهی است که در تراکم هم‌دما، دما تغییر نمی‌کند و همواره  $T = T_i$  است (مسیر ۱). ولی نشان دادیم که در تراکم هم‌دما، دمای گاز افزایش می‌یابد، پس گاز باید به دمای بالاتری مثل  $T_f$  برسد (مسیر ۲). چون سطح زیر نمودار مربوط به تراکم بی‌دررو بیش‌تر است،  $|W|$  برای این فرایند مقدار بیش‌تری دارد.



وقتی در نوشابه باز می‌شود، گاز محبوس در بالای آن و نیز گاز کربن دی‌اکسید خارج شده از نوشابه انبساط می‌یابد. این انبساط چنان سریع صورت می‌گیرد که آن‌را می‌توان تقریباً بی‌دررو پنداشت. بنابراین انرژی لازم برای انبساط گاز صرفاً توسط انرژی درونی تأمین می‌شود که همان انرژی گرمایی خود گاز است. بنابراین، گاز انرژی گرمایی از دست می‌دهد و سردتر می‌شود که این باعث می‌گردد بخار آب موجود در گاز در حال انبساط به صورت قطرات آب درآید. این قطرات موجود در هوا، هاله‌ی رقیقی را تشکیل می‌دهند که در اطراف دهانه‌ی بطری دیده می‌شود. (توجه کنید اگر دمای مایع در نزدیک نقطه‌ی انجماد باشد یخ زدن نوشابه نیز ممکن است رخ دهد. چرا که وقتی در بطری باز می‌شود، فشار داخل آن ناگهان تا فشار جو کاهش می‌یابد و این به بالا رفتن نقطه‌ی انجماد مایع می‌انجامد. مایع که دمای آن اکنون زیر نقطه‌ی انجماد جدید قرار دارد، شروع به یخ زدن می‌کند.)

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

اگر طبق راهنمایی، خطی عمودی بر محور حجم رسم کنیم به گونه‌ای که هر چهار نمودار را قطع کند از رابطه‌ی بالا در می‌یابیم که برای چهار نقطه‌ی تلاقی که در آن‌ها  $nR/V$  (ضریب  $T$ ) برابر است، فشار کمتر مربوط به دمای کمتر است. بنابراین، منحنی  $T_1$  که خط عمود بر محور حجم را در جا (فشار) پایین‌تری قطع کرده است کم‌ترین دما را دارد و منحنی  $T_4$  که خط عمود بر محور را در جا (فشار) بالاتری قطع کرده است، بیش‌ترین دما را دارد و بدین ترتیب  $T_4 > T_3 > T_2 > T_1$  است. در این صورت، معادله‌ی حالت گاز کامل را به صورت زیر بنویسیم:

$$V = \left( \frac{nR}{P} \right) T$$

حال اگر خطی به محور فشار رسم کنیم؛ به گونه‌ای که هر چهار نمودار را قطع کند، از رابطه‌ی بالا در می‌یابیم در مقایسه‌ی این چهار نقطه‌ی تقاطع، کم‌ترین حجم مربوط به کم‌ترین دما و بیش‌ترین حجم مربوط به بیش‌ترین دما است. بنابراین داریم:

$$T_4 > T_3 > T_2 > T_1$$

از این تمرین در می‌یابیم که نمودارهای هم‌دما برای ما حکم یک دماسنج را دارند و با مشاهده‌ی آن‌ها در مقایسه با یک‌دیگر می‌توان درباره‌ی دما اظهار نظر کرد و با مشاهده‌ی نمودار یک فرایند در زمینه‌ی آن‌ها می‌توان درباره‌ی تغییر دمای گاز در مسیر آن فرایند اظهار نظر کرد.

ب) همان‌طور که اشاره کردیم، مقدار کار برابر مساحت زیر نمودار  $P - V$  است. چون مساحت زیر منحنی  $T_1$  از همه کم‌تر و مساحت زیر منحنی  $T_4$  از همه بیش‌تر است، بنابراین داریم:

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

$$V = \left( \frac{nR}{P} \right) T$$

چون  $nR/P$  ثابت است، رابطه‌ی بالا معادله‌ی یک خط راست است که امتداد (برون‌یابی) آن از مبدأ مختصات می‌گذرد. بنابراین نمودار این رابطه به شکل روبه‌رو می‌شود.

