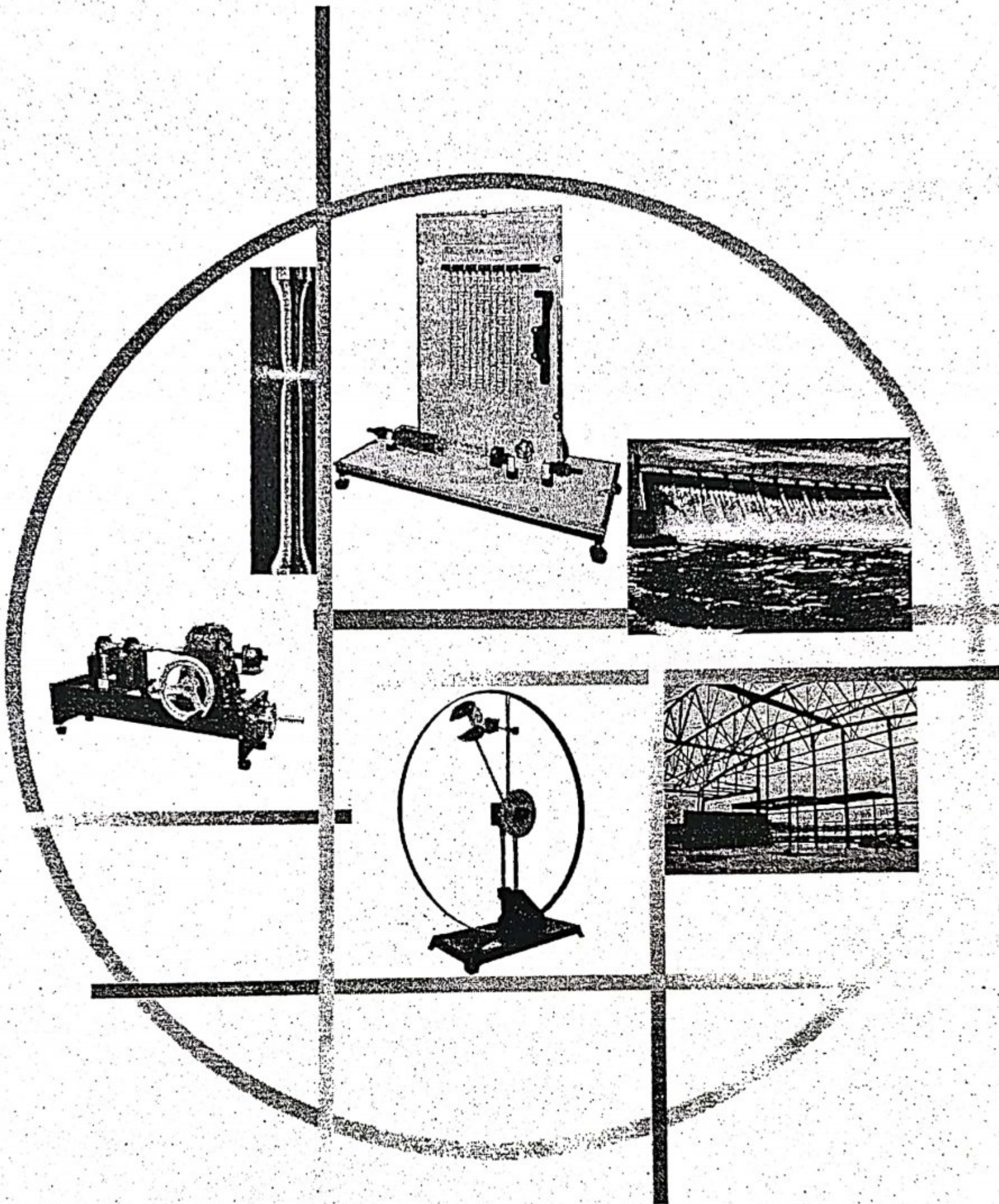


دستور کار دستگاه پمپ حرارتی



تجهیزات آزمایشگاهی

• اهداف

- آشنایی با اجزای اصلی یک پمپ حرارتی صنعتی
- تعیین ضریب عملکرد پمپ حرارتی
- شناخت پارامترهای تاثیرگذار بر روی ضریب عملکرد
- بررسی سیکل بر روی نمودارهای ترمودینامیکی و مقایسه سیکل واقعی و ایده‌آل

• مقدمه

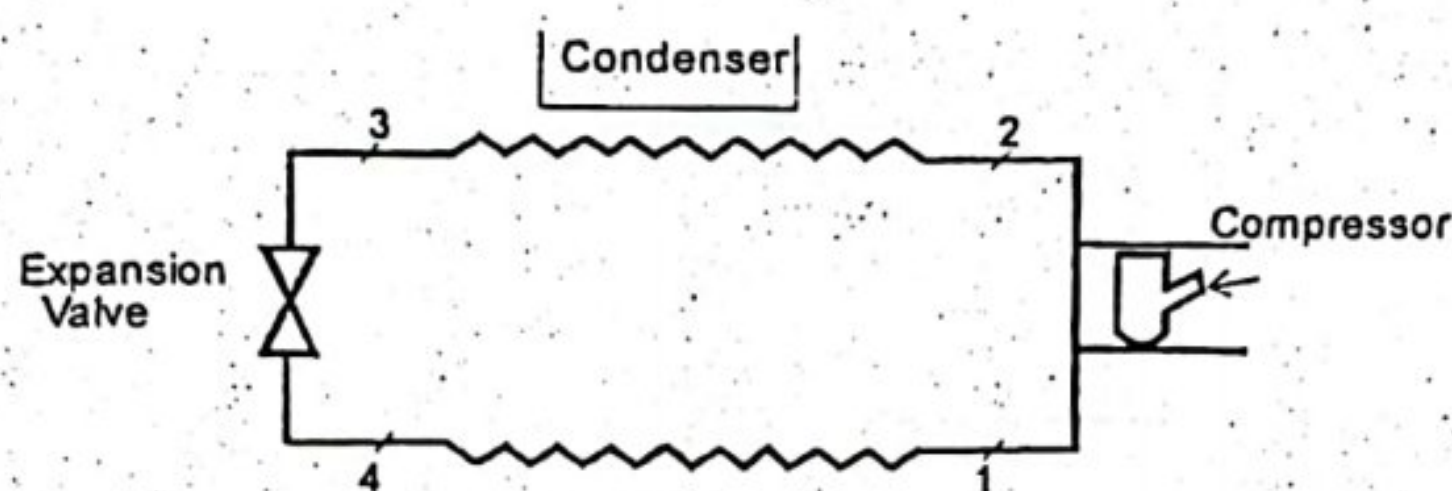
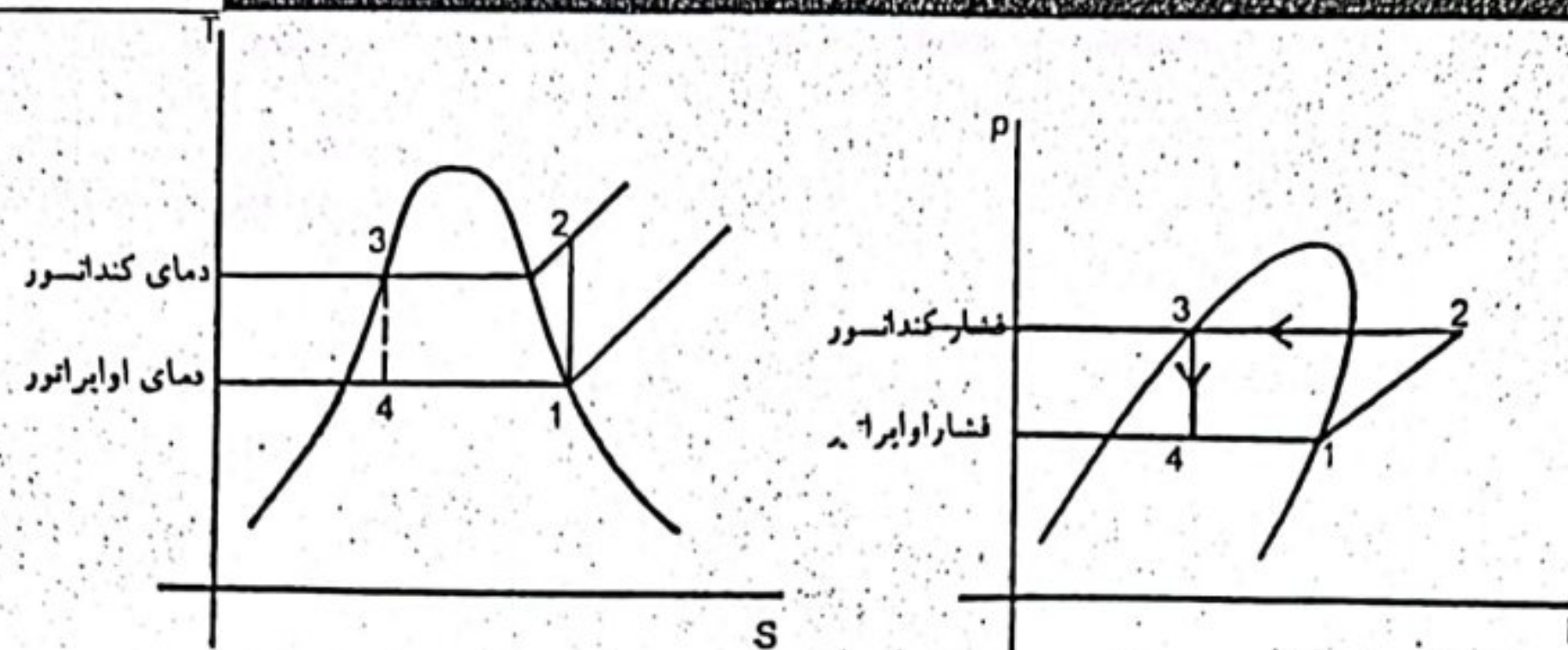
همان‌طور که در بالا ذکر گشت در این آزمایش به شناخت پارامترهای مختلف تاثیرگذار بر روی پمپ حرارتی و یا سیکل تبرید تراکمی پرداخته می‌شود. این سیستم دارای اجزای اصلی یک پمپ حرارتی صنعتی و یا سیکل معکوس آن یعنی تبرید تراکمی صنعتی است. که با توجه به قابلیت هواسازی راحت‌تر و مناسب‌تر با کمک این سیکل‌ها، امروزه کاربرد بیشتری یافته‌اند.

با شناخت پارامترهای مختلف می‌توان با در نظر گرفتن تمامی مشکلات و محدودیت‌ها بهترین شرایط کاری برای یک سیکل تبرید و یا پمپ حرارتی بدست آورد.

همچنین با توجه به این که مبدل‌ها از اجزای اصلی مربوط مسائل انتقال حرارت می‌باشند. این دستگاه هم شامل دو مبدل مایع - هوا و مایع - مایع می‌باشد. که در اینجا به طور کامل مبدل مایع - مایع (لوله و پوسته) مورد بررسی قرار می‌گیرد. از آنجا که در این پمپ گرما از هوا به آب داده می‌شود، پمپ حرارتی هوا به آب نامیده می‌شود.

• تئوری**سیکل تبرید تراکمی**

شکل ۱ سیکل ایده‌آل تبرید تراکمی را نشان می‌دهد (۱-۲-۳-۴-۱). بخار اشباع با فشار کم وارد کمپرسور می‌شود در یک فرآیند برگشت‌پذیر و آدیاباتیک فشار افزایش می‌یابد (فرآیند ۱-۲) سپس در یک فرآیند فشار ثابت درون کندانسور گرما از دست می‌دهد (فرآیند ۲-۳) و بصورت مایع اشباع کندانسور را ترک می‌کند. مایع اشباع در یک فرآیند ائتالیپی ثابت ($h_3 = h_4$) منبسط می‌شود مخلوط مایع و بخار در اوپراتور در یک فرآیند فشار ثابت تبدیل به بخار اشباع می‌شود (فرآیند ۴-۱).



شکل ۱) سیکل ایده‌آل تبرید تراکمی

ضریب عملکرد

ضریب عملکرد یک سیکل تبرید عبارت است از نسبت ظرفیت تبرید به کار کمپرسور.

$$\beta = \frac{q_L}{w_C} = \frac{q_{4-1}}{w_{1-2}}$$

اگر سیکل برای یک پمپ حرارتی بکار رود ضریب عملکرد عبارتست از نسبت حرارات دفع شده به کار کمپرسور.

$$\beta = \frac{q_h}{w_C} = \frac{q_{2-3}}{w_{1-2}}$$

که در این روابط

$q_L = h_1 - h_4$ گرمای تبادل شده در اوپراتور بر واحد جرم

$q_h = h_2 - h_3$ گرمای تبادل شده در کندانسور بر واحد جرم

$w_C = h_2 - h_1$ کار ورودی به کمپرسور بر واحد جرم

$$\beta = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

بنابراین ضریب عملکرد یک پمپ حرارتی عبارتست از :

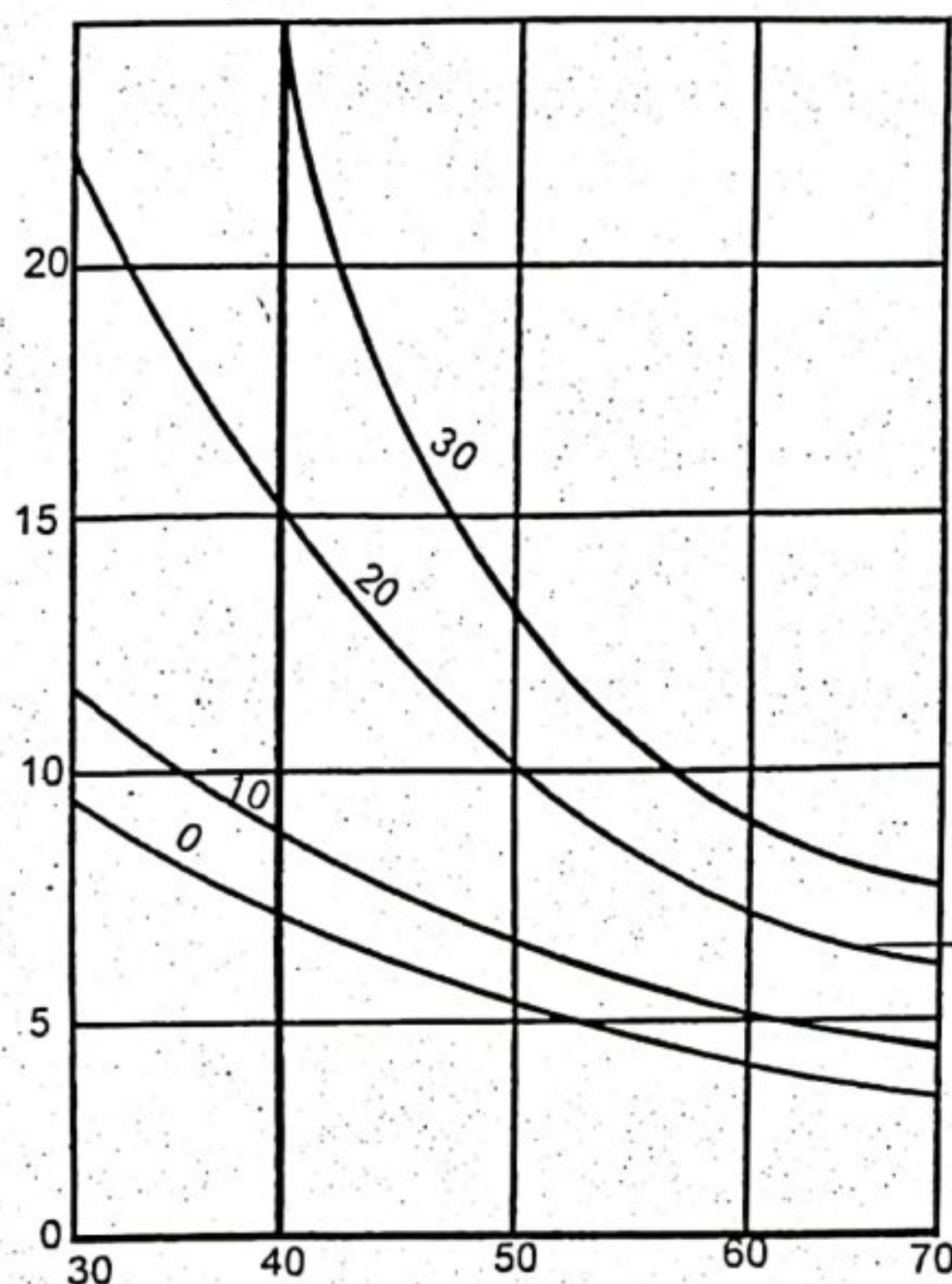
و ضریب عملکرد یک سیکل تبرید هم از این رابطه به دست می آید:

$$\beta = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

تأثیر دمای (یا فشار اشباع هم ارز این دما) کندانسور (T_3) و اوپراتور (T_4) بر روی ضریب عملکرد در سیکل ایده‌آل پمپ حرارتی در شکل ۲ نشان داده شده است.
 x برای محاسبه دبی مبرد در صورت لزوم می‌توان از موازنه انرژی در کندانسور استفاده نمود. (در هنگام محاسبه تغییر آنتالپی مبرد دقت به تغییر فاز مبرد داشته باشید.)

$$\dot{m}_r (h_2 - h_3) = \dot{m}_w C_w (T_6 - T_5)$$

ضریب عملکرد β



درجه حرارت اوپراتور T_4C

درجه حرارت کندانسور T_3C

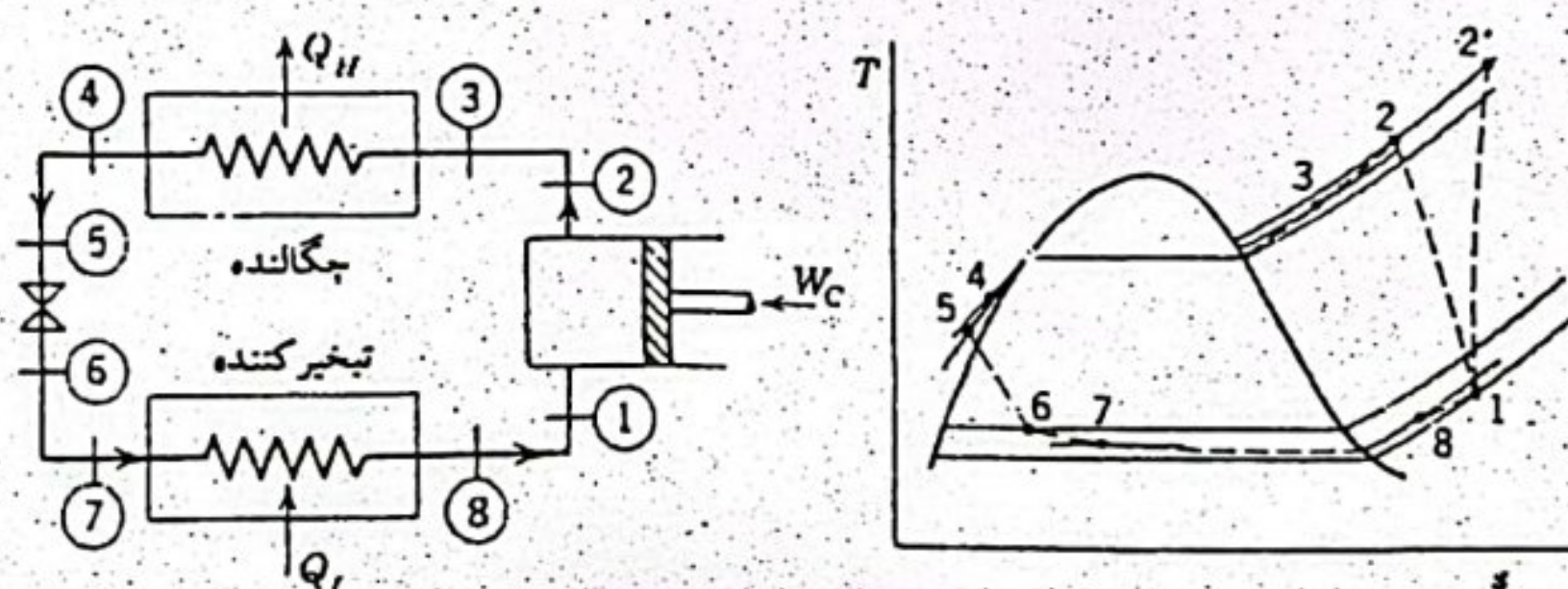
شکل ۲) تأثیر دمای کندانسور و اوپراتور بر روی ضریب عملکرد

x همان طور که می‌دانیم تغییر در فشار یا دمای عملکردی کندانسور، اوپراتور، میزان سوپرهیت بودن مبرد در ورودی به کمپرسور، و... عواملی هستند که بر روی ضریب عملکرد تأثیر گذار می‌باشند.

انحراف سیکل تبرید تراکم بخار حقیقی از سیکل ایده‌آل بدلیل افت‌های فشار ناشی از جریان سیال و نیز تبادل حرارت با محیط، سیکل تبرید حقیقی از سیکل ایده‌آل انحراف خواهد داشت. سیکل حقیقی می‌تواند به سیکل شکل ۳ نزدیک شود.

احتمالاً بخار ورودی به کمپرسور به صورت مافوق گرم خواهد بود در طی فرآیند تراکم، بازگشت ناپذیرها و تبادل حرارت با محیط (با توجه به درجه حرارت مبرد و محیط) صورت خواهد گرفت. بنابراین در طی این فرآیند، انتروپی ممکن است افزایش یا کاهش یابد. بازگشت ناپذیرها و انتقال حرارت به مبرد، موجب افزایش انتروپی می‌شود و انتقال حرارت از مبرد موجب کاهش انتروپی می‌گردد. این احتمالات با دو خطچین 1-2 و 1-2'' نشان داده شده است. فشار مایع خروجی از چگالنده کمتر از فشار بخار ورودی به آن می‌باشد و درجه حرارت مبرد در چگالنده مقداری بیشتر از درجه حرارت محیطی که با آن تبادل حرارت می‌کند خواهد بود. معمولاً درجه حرارت مایع خروجی از چگالنده کمتر از درجه حرارت اشباع است و احتمال دارد که مقدار آن در لوله‌های بین چگالنده و شیر انبساط، افت بیشتری نیز داشته باشد. این امر نمایانگر منفعت است زیرا در اثر این انتقال حرارت، مبرد با آنتالپی کمتری وارد تبخیر کننده می‌شود و می‌توان در تبخیر کننده مقدار حرارت بیشتری به مبرد انتقال داد.

در حین جریان یافتن مبرد از درون تبخیر کننده مقداری افت فشار روی خواهد داد. امکان دارد مبرد در هنگام خروج از تبخیر کننده کمی مافوق گرم باشد. همچنین در اثر انتقال حرارت از محیط به لوله بین تبخیر کننده و کمپرسور درجه حرارت مبرد می‌تواند افزایش یابد. این انتقال حرارت نشان‌دهنده یک نوع افت است زیرا در اثر افزایش حجم مخصوص سیال ورودی به کمپرسور، کار کمپرسور نیز افزایش خواهد یافت.



شکل ۳) سیکل واقعی تبرید تراکم

پمپ حرارتی

پمپ حرارتی ماشینی است که اساس کار آن جذب گرما از یک منبع با درجه حرارت پائین در اوپراتور و تحویل این گرما در کندانسور است. پمپ حرارتی برای گرم کردن فضاهای مختلف یا آب گرم خانه مناسب است. طبق قانون دوم ترمودینامیک برای انتقال گرما از یک محیط سرد به یک محیط گرم باید گاز وارد سیستم شود. با بررسی سیکل تبرید تراکمی، بوضوح مشاهده می‌شود که انرژی گرمایی تولید شده توسط پمپ حرارتی از کار ورودی به آن بیشتر است بنابراین در سیستم‌های گرمایش به منظور کاهش انرژی مصرفی (نسبت به سیستم‌هایی نظیر بخاری برقی و...)، می‌توان از پمپ حرارتی استفاده نمود.

منبع درجه حرارت پایین در اوپراتور ، عموماً در عمل آب یا هواست. اما می‌توان از منابع دیگری مانند تشعشع خورشیدی ، بخار آب فشار پایین ، دودکش یا گازهای خروجی ماشینهای حرارتی نیز استفاده نمود.

• شرح دستگاه

سیال عامل در این پمپ حرارتی (R12) CCL2F2 می‌باشد. منبع با دمای پایین در اوپراتور هوای اتمسفر است ، بدین معنی که در اوپراتور حرارت از هوای اتمسفر به R12 منتقل می‌شود و R12 تبخیر می‌گردد. در کندانسور بخار داغ R12 گرمای نهان خود را به آب منتقل می‌کند و تقطیر می‌گردد.

سیکلی که R12 در این دستگاه طی می‌کند همان سیکل تبرید تراکمی است که در بخشهای قبل توضیح داده شد. شیر انبساط از نوع ترمو استاتیکی است. دماسنجها ، دماسنج دیجیتالی هستند و دبی آب توسط روتامتر اندازه‌گیری می‌شود. اگر بار کمپرسور از حد مجاز بیشتر شود ، توسط سیستمهای حفاظتی کمپرسور خاموش می‌شود و در صورت رفع اشکال دوباره بکار می‌افتد. مطلب قابل توجه این است که بخار ورودی به کمپرسور باید تقریباً به میزان 5-10 k سوپر هیت (فوق داغ) باشد. یعنی T1 دمای R12 در ورود به کمپرسور ، باید 5-10 k بالاتر از دمای اشباع در فشار اوپراتور باشد. (این مر هم به این خاطر است که ورودی به کمپرسور فاز گازی باشد).

دستگاه از اجزای مختلفی شامل

- کمپرسور ،
- اوپراتور (هوایی) ،
- کندانسور (پوسته و لوله) ،
- روتامتر برای اندازه گیری دبی آب ،
- درایر ،
- وات-ساعت متر ،
- فشار سنج ،
- ترمومتر های دیجیتالی ،
- و

تشکیل شده است.

• آزمایشها

طریقه روشن کردن دستگاه

۱. شیر ورودی آب را به مقدار زیادی باز کنید.
۲. کلید اصلی را روشن کنید.

بعد از اینکه نشان دهنده‌های درجه حرارت و فشار اعداد ثابتی را نشان دادند می‌توان آزمایش را شروع کرد.

طریقه خاموش کردن دستگاه

قبل از خاموش کردن دستگاه دبی آب کندانسور را به مدت ۲ تا ۳ دقیقه افزایش دهید. سپس دستگاه را خاموش کنید و پس از چند دقیقه شیر آب کندانسور را ببندید.

x در تمام آزمایش ها به خاطر داشته باشید که برای حفاظت دستگاه، ابتدا شیر آب کندانسور را باز نمایید تا آب خنک کننده کندانسور جریان داشته باشد سپس کمپرسور روشن شود.

آزمایش اول

هدف آزمایش :

شناخت پارامترهای تاثیر گذار بر روی ضریب عملکرد.

روش آزمایش :

- مطابق دستورالعمل فوق دستگاه را روشن نمایید.
 - وابسته به شرایط هوایی محل آزمایش، دبی آب کندانسور را به حدی باز نمایید که اختلاف دمای آب ورودی (T5) و خروجی (T6) از کندانسور حداقل ۱ درجه باشد.
 - صبر کنید تا دستگاه به شرایط دائم برسد ، سپس (T5, T6) و دمای مبرد (T1, T2, T3, T4) و همچنین فشار کندانسور و اواپراتور را در جدول زیر یادداشت نمایید.
 - در هر مرحله دبی آب را 1 Lit/min کاهش دهید و مراحل فوق را تکرار نمایید.
- x تذکر

اندازه گیری قدرت ورودی به کمپرسور و فن توسط وات - ساعت متر :

وات- ساعت متر دارای یک دیسک است که به میزان مصرف انرژی می چرخد و تعداد دورهایی که متناظر با kwh است و روی آن نوشته شده است. برای V ۲۲۰ می دیم که برای مصرف ۱kwh ، ۳۷۵ دور می زند. بنابراین برای محاسبه قدرت ورودی می توان به طریق زیر عمل کرد.

$$1kwh = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

بنابراین در هر دور $\frac{3.6 \times 10^6}{375} = 9600 \text{ J}$ انرژی مصرف می شود. اگر X زمانی باشد که دیسک یک دور می زند ، قدرت ورودی از رابطه زیر بدست می آید.

DA-TE04**پمپ حرارتی [هوا به آب]**

$$Power = \frac{9600}{x} \text{ watt}$$

– برای افزایش دقت اندازه گیری، مدت زمان ۱۰ دور را اندازه گیری نمایید.

		آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶
نوع سیال	زمان گردش یک دور دیسک کنتور	x sec						
R12	فشار اواپراتور (مکش کمپرسور)	$p1 (Psi)$ guage						
	فشار کندانسور (خروج کمپرسور)	$p2 (Psi)$ guage						
	دمای مکش کمپرسور	T1 C						
	دمای خروج کمپرسور	T2 C						
	دمای خروجی کندانسور	T3 C						
	دمای ورودی اواپراتور	T4 C						
آب	دبی جرمی	$m_w (Lit / min)$						
	دمای ورودی کندانسور	T5 C						
	دمای خروجی کندانسور	T6 C						

۳-۱-۳) خواسته آزمایش :

۱) در تمام دبی های جدول فوق ، قدرت ورودی به کمپرسور و فن ، گرمای خروجی و ضریب عملکرد را محاسبه نمایند. (راهنمایی: گرمای خروجی از مبرد در کندانسور با صرف نظر از افت ها معادل گرمای داده شده به آب سرد کن کندانسور می باشد.)

۲) با تغییر دبی آب ورودی به محفظه کندانسور، سیکل مبرد دچار تغییراتی می شود، علت این تغییرات را ذکر کنید. همچنین پارامترهایی را که از این تغییر تاثیر می پذیرند را با دقت در اعدادی که در جدول فوق ثبت کرده اید را ذکر نمایید.

۳) تغییر دبی آب ورودی به محفظه کندانسور چه تاثیری بر فشار عملکردی اواپراتور و کندانسور دارد؟

آزمایش دوم

هدف آزمایش :

مقایسه سیکل های واقعی و ایده آل.

روش انجام آزمایش :

- دبی آب کندانسور را در یکی از حالت های متوسط قرار دهید. (حدود ۴ لیتر بر دقیقه)
- کمپرسور و فن را روشن کنید.
- چند دقیقه صبر کنید تا شرایط دائم بر دستگاه حاکم شود. (حدوداً ۱۰ دقیقه)
- دماها و فشار های مربوط به مبرد (دماهای T_1, T_2, T_3, T_4 و هر دو فشار کندانسور و اواپراتور)، موجود بر روی دستگاه را یادداشت نمایید.
- مراحل زیر را در یکی از دبی های میانی انجام دهید. در این مورد فرض های زیر انجام می شود:
- الف) کاهش فشار در کندانسور قابل چشم پوشی است ($p_2 = p_3$).
- ب) فرایند انبساط یک فرایند آدیاباتیک است ($h_3 = h_4$).
- برای مقایسه بین سیکل ایده آل و سیکل واقعی در یک دیاگرام P-h یک کپی از این نمودار تهیه نمایید و نقاط زیر را روی آن مشخص کنید:

$$P1_{abs} = P1_{gauge} + 101.3$$

نقطه ۱) تقاطع بین $P1$ و $T1$:

$$P2_{abs} = P2_{gauge} + 101.3$$

نقطه ۲) تقاطع بین $P2$ و $T2$:

نقطه ۳) روی خط آنترופی ثابت از نقطه ۱ تا فشار $P2$ حرکت کنید.

نقطه ۳) تقاطع P_3 و T_3 (در کندانسور فرآیند فشار ثابت است). $P_3 = P_2$
 نقطه ۴) روی خط آنتالپی ثابت از نقطه ۳ تا دمای T_4 حرکت کنید.
 نقاط ۱، ۲، ۳، ۴ و همچنین ۳، ۴ و ۲S را به هم متصل نمایید.

فرآیند ۲-۳:

در این فرآیند ابتدا بخار Super Heat و سپس به ترتیب تقطیر و sub cooled می‌شود. در اینجا مقدار گرما بر واحد جرم h_2-h_3 از مبرد به آب منتقل می‌شود که این خروجی قابل استفاده پمپ حرارتی است.

فرآیند ۳-۴:

فرآیند آنتالپی ثابت است (h_3-h_4) البته بدلیل انتقال حرارت در شیر انبساط، مقدار h_4 کمی بیشتر از مقدار h_3 است که از این تفاوت صرف‌نظر می‌نماییم. در فرآیند انبساط ($3-4$) $R12$ از مایع فشار بالا تبدیل به مایع اشباع فشار پایین با درصدی از بخار می‌شود.

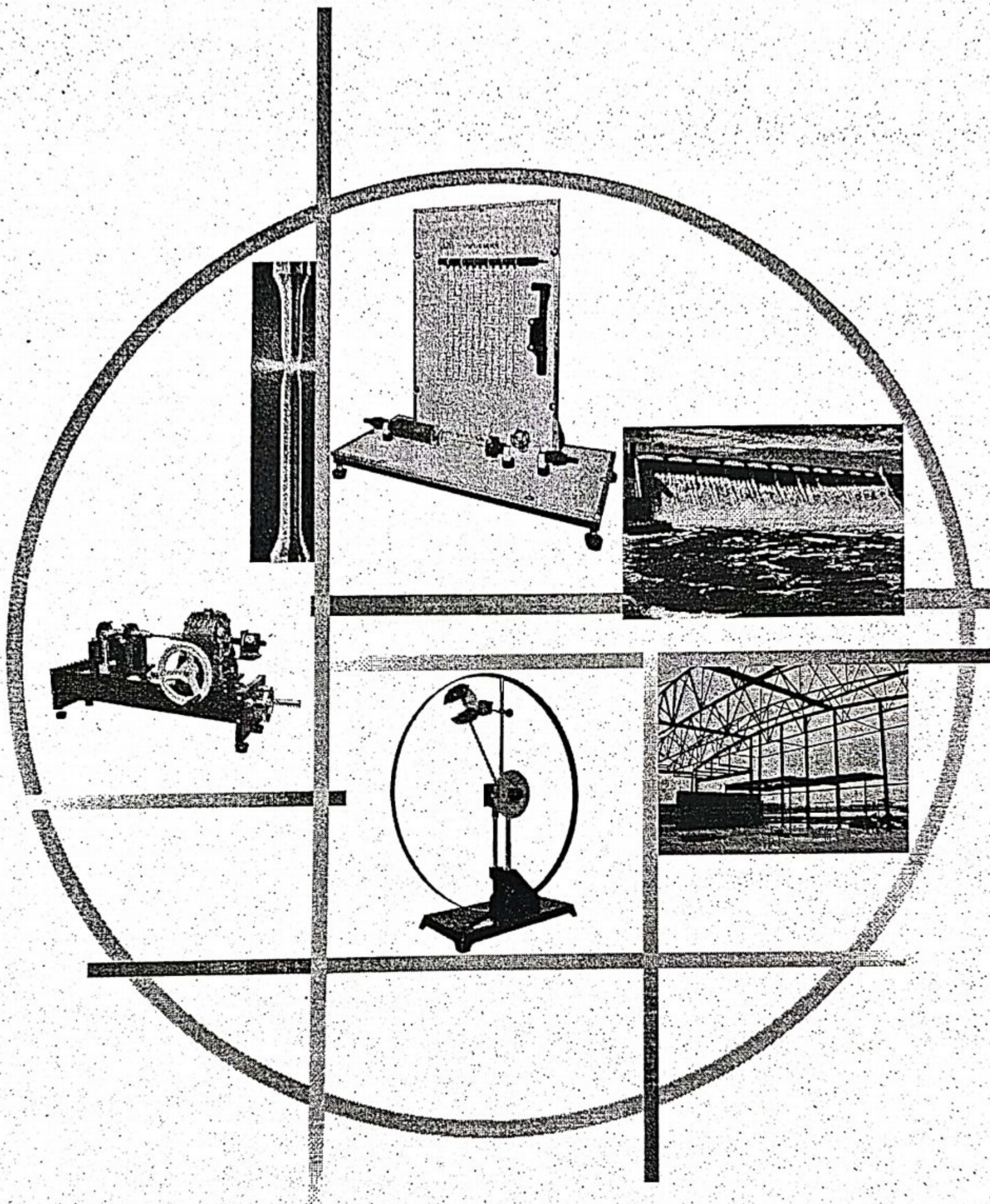
فرآیند ۴-۱:

با انتقال حرارت از محیط به $R12$ در اواپراتور، آنتالپی $R12$ از h_4 به h_1 تبدیل می‌شود و سوپر هیت (فوق داغ) می‌گردد. حرارت تبادل شده (بر واحد جرم) مساوی h_1-h_4 است. دقت کنید که افت فشار در لوله‌ها و مسیر اواپراتور وجود دارد، در ادامه به عنوان یکی از خواسته‌های آزمایش از شما خواسته می‌شود میزان این افت فشار را به دست آورید.

خواسته‌ها:

- بر روی یک کپی از منحنی $P-h$ نقاط مربوط به عملکرد سیکل را مشخص نمایید و آن را با سیکل ایده‌آلی که بین فشار کندانسور و اواپراتور سیکل واقعی کار می‌کند، مقایسه نمایید، علت اختلاف‌های موجود را توضیح دهید.
- تغییرات فشار در طول اواپراتور را در صورت وجود مشخص نمایید، علت آن را توضیح دهید.

دستورکار آزمایش تست نازل



تجهیزات آموزش مهندسی

هدف : آشنایی با رفتار جریان قابل تراکم در یک نازل.

تئوری :

یک شیپوره (nozzle) وسیله‌ای است که انرژی جنبشی سیال را در یک فرایند آدیا باتیک افزایش می‌دهد. افزایش انرژی جنبشی باعث کاهش فشار می‌شود و به دلیل تغییر در سطح مقطع جریان ، بوجود می‌آید. شیپوره (نازل) نشان داده شده در شکل زیر را در نظر بگیرید و فرایند را یک‌بعدی ، آدیا باتیک ، جریان پایدار برای یک سیال تراکم ناپذیر فرض کنید. از معادله پیوستگی نتیجه می‌گیریم :

$$\dot{m}_i = \dot{m}_e = \rho A_i V_i = \rho A_e V_e$$

(۱)

$$\text{یا } \frac{A_i}{A_e} = \frac{V_e}{V_i}$$

اندیس‌ها :

$\dot{m}$: دبی جرمی جریان

A : مساحت

V : سرعت

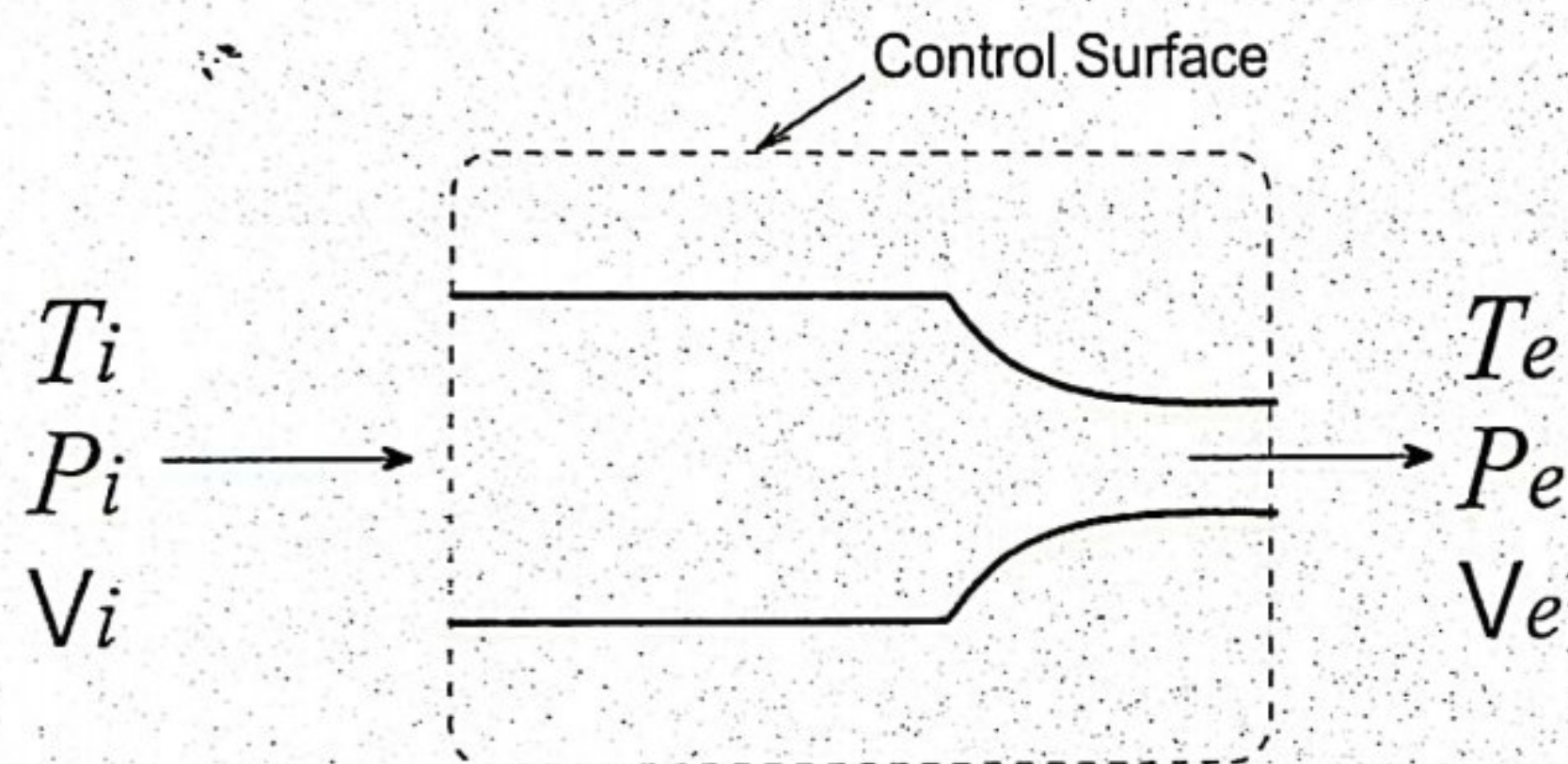
Z : ارتفاع

T : درجه حرارت

h : آنتالپی مخصوص

s : انتروپی

v : حجم مخصوص



طرح یک نازل

قانون اول برای این فرایند عبارت است از :

$$h_e - h_i + \frac{v_e^2 - v_i^2}{2} + (z_e - z_i)g = 0 \quad (2)$$

از قانون دوم نتیجه می‌گیریم که $s_e \geq s_i$ می‌باشد ، علامت تساوی برای فرایند بازگشت‌پذیر به کار می‌رود. بنابراین از رابطه زیر

$$Tds = dh - vdp$$

نتیجه می‌گیریم که برای یک فرایند بازگشت‌پذیر می‌توان نوشت :

$$h_e - h_i = \int_i^e vdp \quad (3)$$

اگر سیال را تراکم‌ناپذیر فرض کنیم ، از معادله (۳) می‌توان انتگرال گرفت و لذا

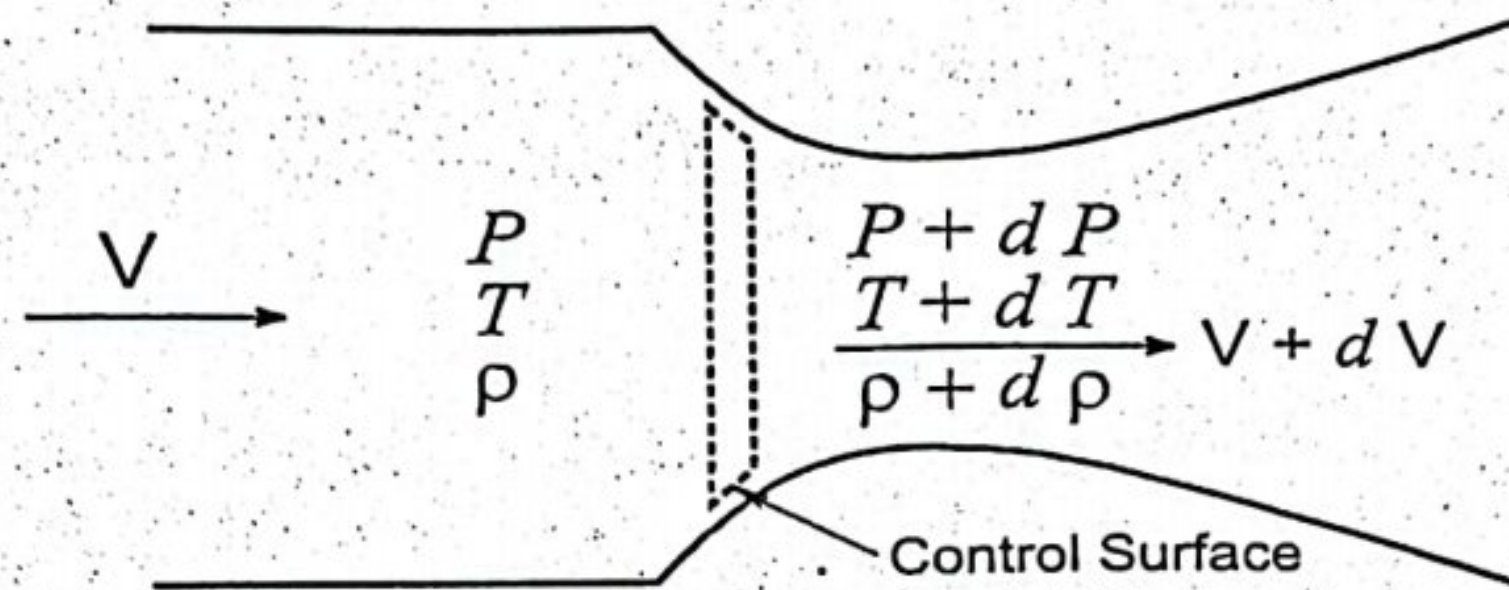
$$h_e - h_i = v(p_e - p_i) \quad (4)$$

با قرار دادن این معادله در معادله (۲) خواهیم داشت :

$$v(p_e - p_i) + \frac{v_e^2 - v_i^2}{2} + (z_e - z_i)g = 0 \quad (۵)$$

معادله برزنولی

یک شیپوره یا پخش کننده با قسمت همگرا - واگرا در شکل زیر نشان داده شده است. کوچکترین سطح مقطع ، گلوگاه نامیده می شود.



شکل (۱) جریان پایدار آدیا باتیک بازگشت پذیر یک بعدی در یک شیپوره

ابتدا اهمیت شرایط تعیین کننده همگرا - واگرا بودن (خواه شیپوره باشد یا پخش کننده) ، و سپس شرایط حاکم بر گلوگاه را بررسی می کنیم.

برای حجم کنترل نشان داده شده ، می توان روابط زیر را نوشت :

$$dh + v dv = 0 \quad (۶) \quad \text{قانون اول :}$$

$$T ds = dh - \frac{dp}{\rho} = 0 \quad (۷) \quad \text{رابطه خاصیت :}$$

$$\rho A V = m^0 = \text{ثابت} \quad (۸) \quad \text{معادله پیوستگی :}$$

$$\frac{dp}{p} = \frac{dA}{A} + \frac{dv}{v} = 0$$

با ترکیب دو معادله (۶) و (۷) داریم :

$$dh = \frac{dp}{\rho} = -v dv$$

$$dv = -\frac{1}{\rho v} dp$$

با جایگزین کردن این رابطه در معادله (۸) خواهیم داشت :

$$\frac{dA}{A} = \left(-\frac{dp}{p} - \frac{dv}{v} \right) = -\frac{dp}{p} \left(\frac{dp}{dp} \right) + \frac{1}{\rho v^2} dp = -\frac{dp}{p} \left(\frac{dp}{dp} - \frac{1}{v^2} \right) = \frac{dp}{p} \left(-\frac{1}{dp/dp} + \frac{1}{v^2} \right)$$

از آنجا که جریان ایزونتروپیک است می توان نوشت :

$$\frac{dp}{dp} = C^2 = \frac{V^2}{M^2}$$

$$\frac{dA}{A} = \frac{dp}{\rho V^2} (1 - M^2)$$

(۹)

و بنابراین

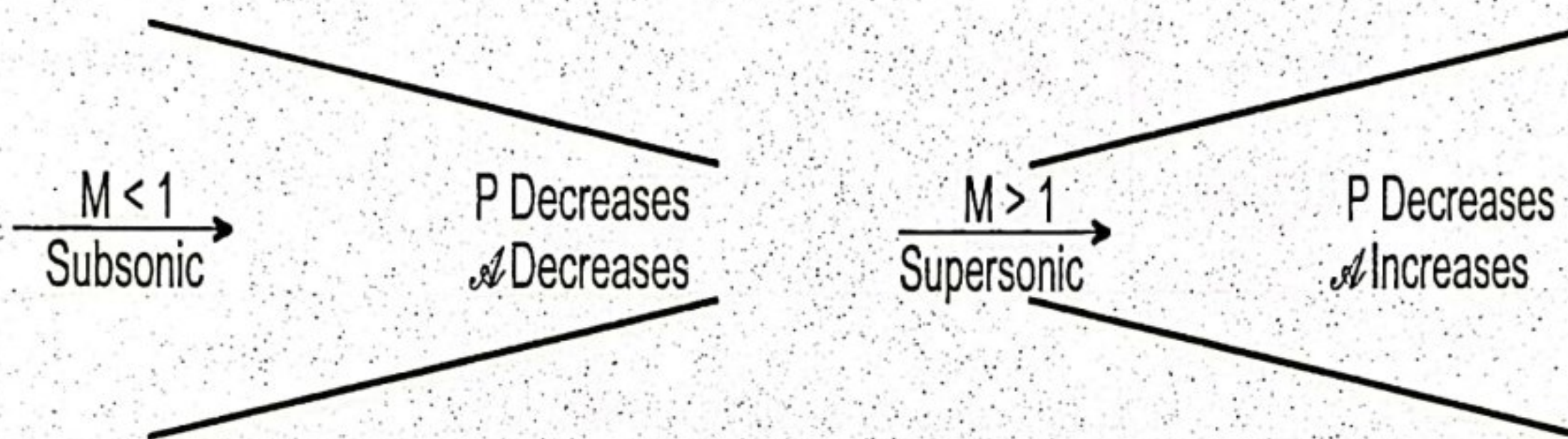
این معادله (۹) بسیار مهم است ، زیرا از آن می توان نتایج زیر را در مورد شکل صحیح شیپوره ها و پخش کننده ها بدست آورد.

برای یک شیپوره ، $dp < 0$ است. بنابراین :

برای یک شیپور فروصوت ، $M < 1$ ، $dA < 0$ و شیپوره همگرا است.

برای یک شیپور فراصوت ، $M > 1$ ، $dA > 0$ و شیپوره واگرا است.

هنگامی که $M=1$ بوده و $dA=0$ باشد ، دستیابی به سرعت صوت تنها در گلوگاه یک شیپوره امکان پذیر است این نتایج در شکل زیر خلاصه شده اند.



شکل (۲) تغییر مساحت لازم برای شیپوره

حال تعدادی رابطه ، بین خواص واقعی ، خواص سکون و عدد ماخ بدست می آوریم. این روابط هنگام بررسی جریان ایزونتروپیک یک گاز ایده آل در یک شیپوره بسیار سودمند خواهند بود.

معادله (۱۰) رابطه بین آنتالپی ، آنتالپی سکون و انرژی جنبشی را نشان می دهد.

$$h + \frac{v^2}{2} = h_0 \quad (10)$$

برای یک گاز ایده آل با گرمای ویژه ثابت معادله (۱۰) را می توان به صورت زیر نوشت :

$$v^2 = 2e_{p_0} (T_0 - T) = 2 \frac{KRT}{K-1} \left(\frac{T_0}{T} - 1 \right)$$

$$C^2 = KRT$$

چون

$$V^2 = \frac{2C^2}{K-1} \left(\frac{T_0}{T} - 1 \right)$$

$$\frac{V^2}{C^2} = M^2 = \frac{2}{K-1} \left(\frac{T_0}{T} - 1 \right) \quad (11)$$

$$\frac{T_0}{T} = 1 + \frac{K-1}{2} M^2$$

برای یک فرآیند ایزو نتروپیک داریم :

$$\left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{K}{K-1}} = \frac{P_0}{P} \left(\frac{T_0}{T}\right)^{\frac{1}{K-1}} = \frac{P_0}{P}$$

$$\frac{P_0}{P} = \left[1 + \frac{(K-1)}{2} M^2\right]^{\frac{K}{K-1}} \quad (12)$$

بنابراین

$$\frac{\rho_0}{\rho} \frac{P_0}{P} = \left[1 + \frac{(K-1)}{2} M^2\right]^{\frac{1}{K-1}} \quad (13)$$

مقادیر $\frac{P}{P_0}$ ، $\frac{T}{T_0}$ و $\frac{\rho}{\rho_0}$ به صورت تابعی از M در جدول زیر داده شده است.

جدول : نسبتهای فشار ، چگالی و درجه حرارت بحرانی برای جریان ایزنتروپیک یک گاز ایده آل

	M K=1.1	M K=1.2	M K=1.3	M K=1.4	M K=1.67
$\frac{P^K}{P_0}$	0.5847	0.5644	0.6276	0.5283	0.4867
$\frac{P^K}{P_0}$	0.6139	0.6209	0.6276	0.6340	0.6497
$\frac{T^K}{T_0}$	0.9524	0.9091	0.8696	0.8333	0.7491

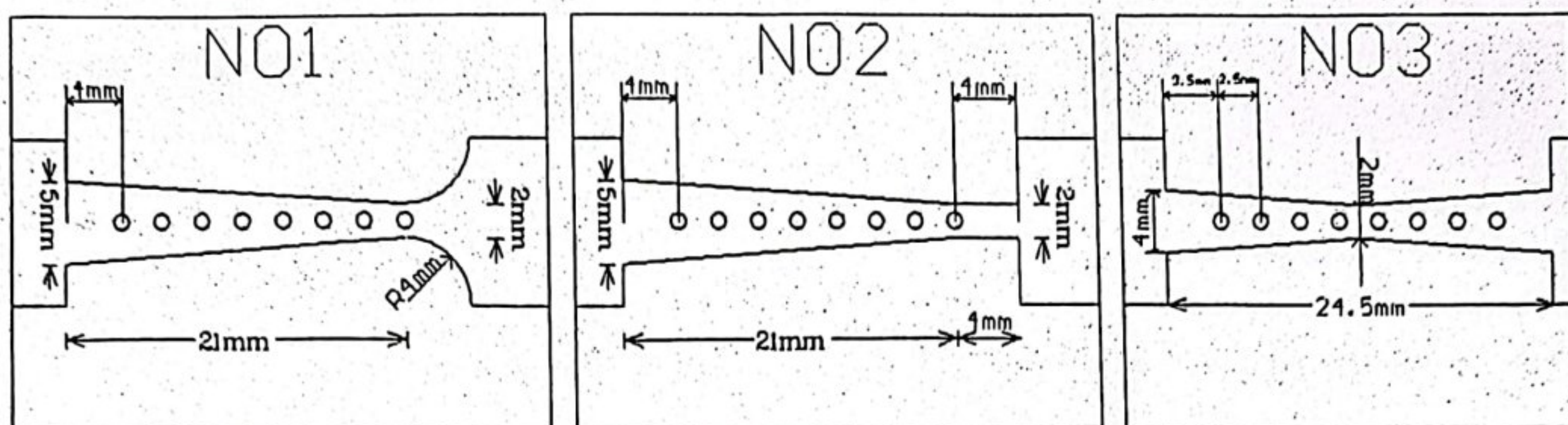
شرایط در گلوگاه شیپور را می توان با توجه به این مطلب که در گلوگاه $M=1$ می باشد پیدا کرد. خواص در گلوگاه با علامت * مشخص شده اند.

$$\frac{T^*}{T_0} = \frac{2}{K+1} \quad (14)$$

$$\frac{P^*}{P_0} = \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K}{K-1}} \quad (15)$$

$$\frac{\rho^*}{\rho_0} \frac{P^*}{P_0} = \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{1}{K-1}} \quad (16)$$

وقتی در گلوگاه $M=1$ باشد ، این خواص را غالباً به عنوان فشار بحرانی ، درجه حرارت بحرانی و چگالی بحرانی می شناسند ، نسبتهای داده شده و در معادلات (۱۴) ، (۱۵) ، (۱۶) نسبت درجه حرارت بحرانی ، نسبت فشار بحرانی و نسبت چگالی بحرانی نامیده می شوند.



شکل (۳) نقشه‌ی نازل نصب شده روی دستگاه

روش انجام آزمایش :

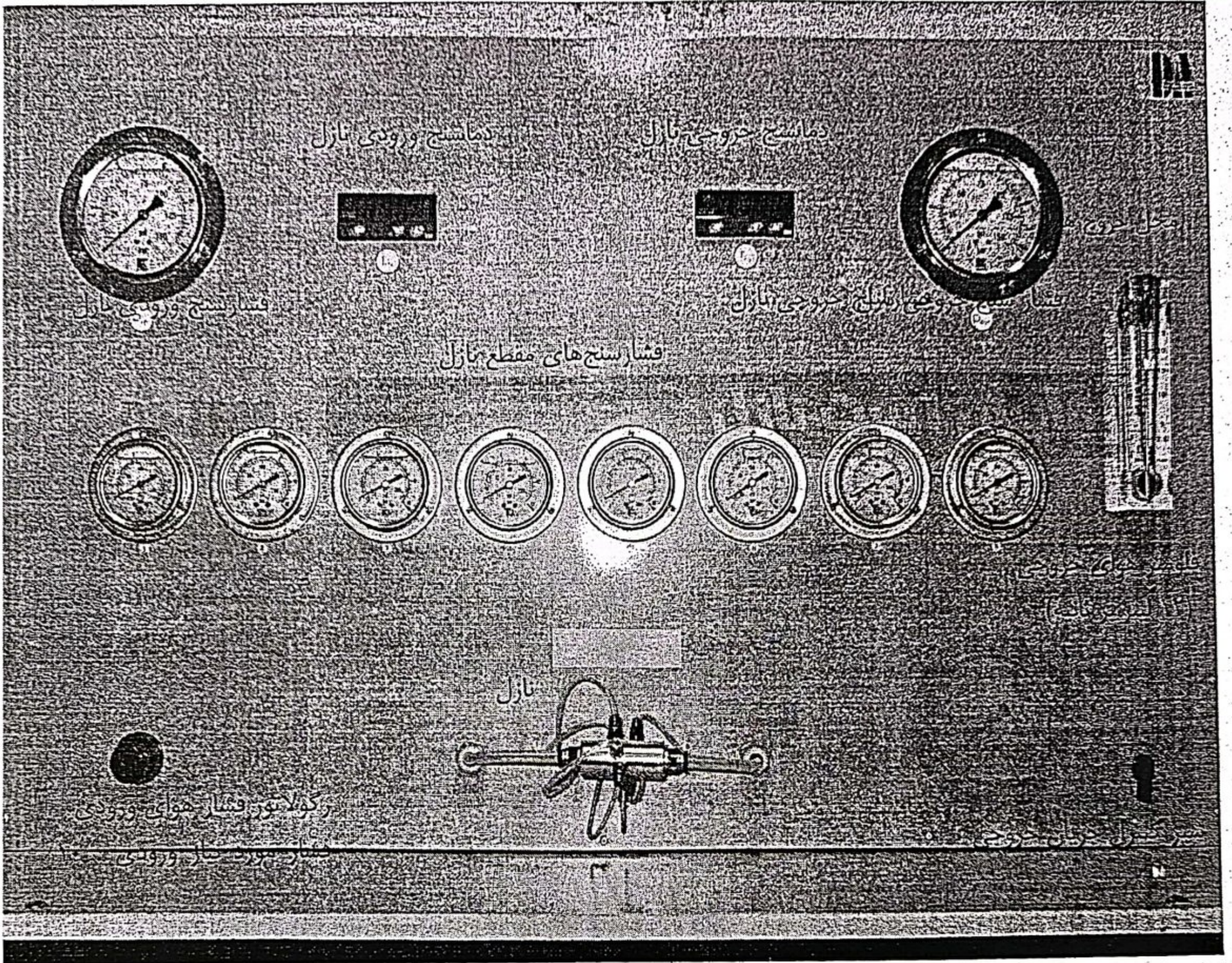
ابتدا شیر آبی (شیر کنترل جریان خروجی) را باز کنید ، دستگاه کمپرسور را به ورودی متصل می‌کنیم و کمپرسور را روشن می‌کنیم. دقت کنید که فشار ورودی حداقل $10bar$ باشد برای تنظیم فشار ورودی می‌توان از رگولاتور فشار استفاده کرد چون با تغییر رگولاتور ، فشار ورودی روی فشارسنج تغییر می‌کند. دستگاه دارای سه نازل ، همگرا ، همگرا با گوشه‌های گرد و همگرا واگرا می‌باشد. پس از برقراری جریان در نازل ، اعداد روی گیج‌های فشار و دما را خوانده و یادداشت کنید.

خواسته‌های آزمایش:

۱. منحنی نمایش توزیع فشار در طول شیبوره را برای هر سه نوع شیبوره رسم کنید؟
۲. منحنی نمایش تغییرات سرعت ، فشار ، دما و عدد ماخ در طول شیبوره را رسم کنید؟
۳. چرا عدد ماخ در گلوگاه شیبوره نمی‌تواند بیشتر از یک باشد؟
۴. موارد استعمال شیبوره در صنعت را بیان کنید؟

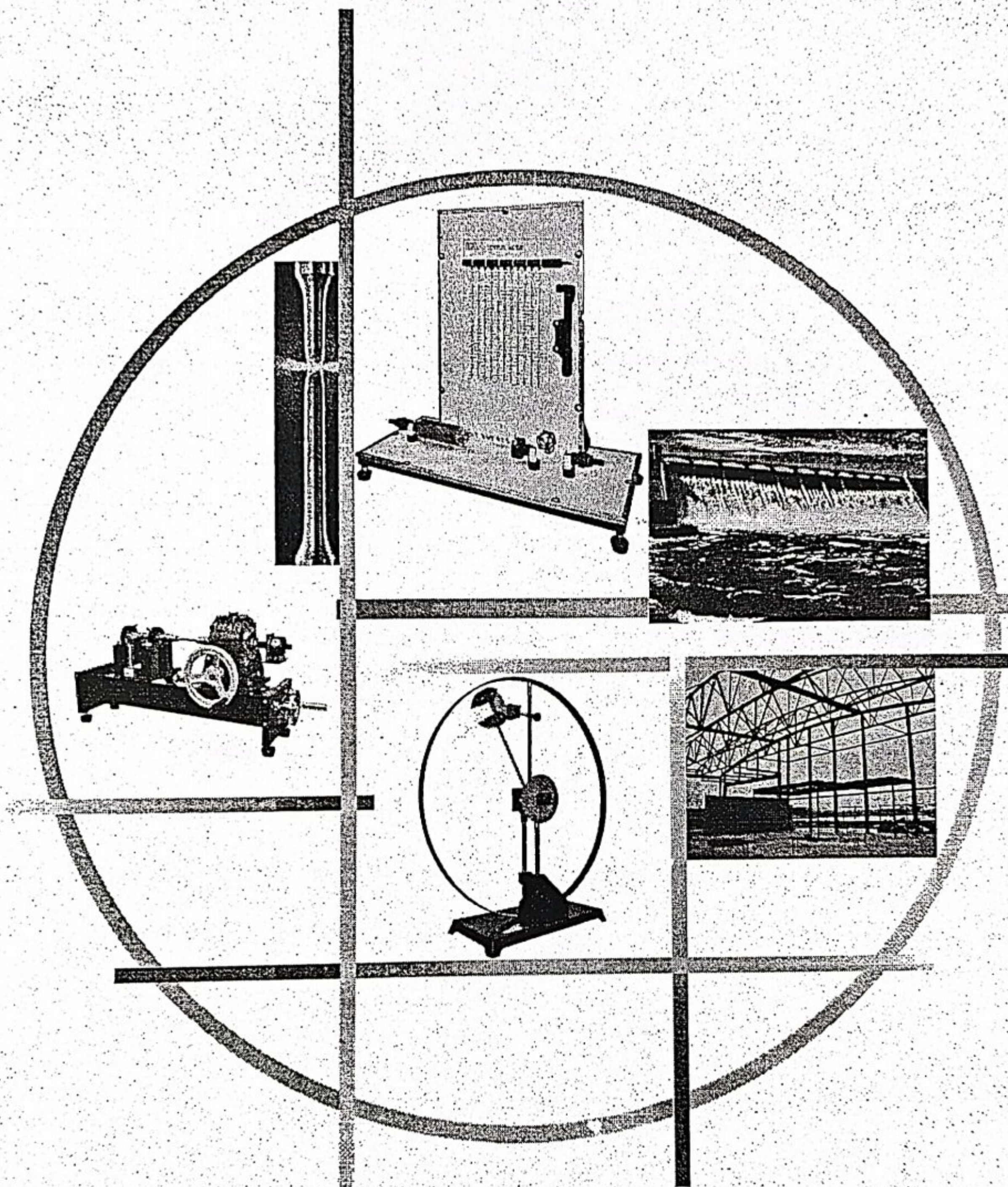
DA-TE09

آزمایش تست نازل



مشخصات اجزای دستگاه تست نازل

دستور کار آزمایش تست کمپرسور



تجهیزات آموزش مهندسی

آزمایش تست کمپرسور

هدف

بدست آوردن مشخصات کارکرد یک کمپرسور رفت و برگشتی یک مرحله ای

مقدمه :

کمپرسورها چه از نوع دورانی و چه از نوع رفت و برگشتی در انواع دستگاهها و ادوات صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند که در هر حال هدف بالا بردن فشار هوا و یا یک گاز خاص ، برای استفاده ای بخصوص است.

شرح دستگاه:

دستگاه مورد آزمایش تشکیل شده است از یک کمپرسور رفت و برگشتی که توسط یک الکتروموتور به حرکت در می آید. میزان توان لازم جهت کمپرسور را می توان توسط دانستن توان مصرفی موتور و راندمان الکتریکی آن محاسبه نمود از همین رو بر روی پانل اندازه گیری سیستم میزان ولت / آمپر مصرفی الکترو موتور مشخص است. دستگاه دارای یک منبع ذخیره هوایی فشرده می باشد که میزان فشار هوای مصرفی کمپرسور مشخص می گردد ، دمای هوای ورود به کمپرسور و خروجی از آن همچنین فشار این دو نقطه بر روی پانل اندازه گیری نمایان است. یک سیستم کنترل دور نیز برای دستگاه تعبیه شده است که توسط آن می توان دور سیستم را تغییر داد و آن را اندازه گیری نمود.

قطر پیستون: ۷۵ میلیمتر

کورس: ۹۰ میلیمتر

حجم مرده: ۳۱۸۷ سانتیمتر مکعب

حجم جابجایی: ۴۸۲،۰۲ سانتیمتر مکعب

تئوری آزمایش

کمپرسور رفت و برگشتی مثل کمپرسورهای دوار در یک مفهوم کلی می توانند بعنوان ماشین با جریان دائمی در نظر گرفته شوند. بنابراین طبق قانون اول ترمو دینامیک کار از رابطه زیر بدست می آید:

$$W = H_1 + H_2 + \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} + Q$$

عموما اختلاف کمی بین سرعتهای ورودی و خروجی وجود دارد بنابراین :

$$\dot{W} = \dot{m}(h_1 - h_2) + \dot{Q}$$

اگر سیال عامل یک گاز کامل باشد داریم :

$$h_1 - h_2 = CP(T_1 - T_2)$$

آزمایش تست کمپرسور

کار یک فرآیند ایزو ترمال

اگر درجه حرارت یک گاز ایده آل ثابت باشد $h=0$ و $w=0$ است. برای یک فرآیند ایزو متال:

$$Q = P_1 V_1 \ln(V_2 / V_1) \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\dot{W} = P_1 V_1 \ln \frac{P_1}{P_2} = \dot{m} R T_1 \ln \frac{P_1}{P_2}$$

حجم مرده و حجم جابجایی

حجم جابجایی به عنوان حجمی تعریف می شود که پیستون در یک Stroke جاروب میکند. به منظور اینکه پیستون در انتهای هر Stroke به سیلندر برخورد نکند و نیز فضایی برای دریچه های ورودی و خروجی وجود داشته باشد. حجم مرده در کمپرسورهای رفت و برگشتی پیش بینی می شود.

نسبت حجم مرده به حجم جابجایی Clearance نامیده می شود. مقدار این نسبت بین ۳٪ تا ۱۲٪ است.

بدست آوردن دبی هوای ورودی:

دبی هوا بر اساس g/s از فرمول زیر که برای دستگاه مورد نظر کالیبره شده است به دست می آید، برای این منظور نقطه ای که مانومتر قبل از شروع به کار دستگاه، نشان می دهد را یادداشت نمایید، تغییرات طول سیال بر حسب میلیمتر به عنوان Δh در فرمول زیر قرار داده می شود:

$$\dot{m}_{Air} = 0.042 \sqrt{\Delta h}$$

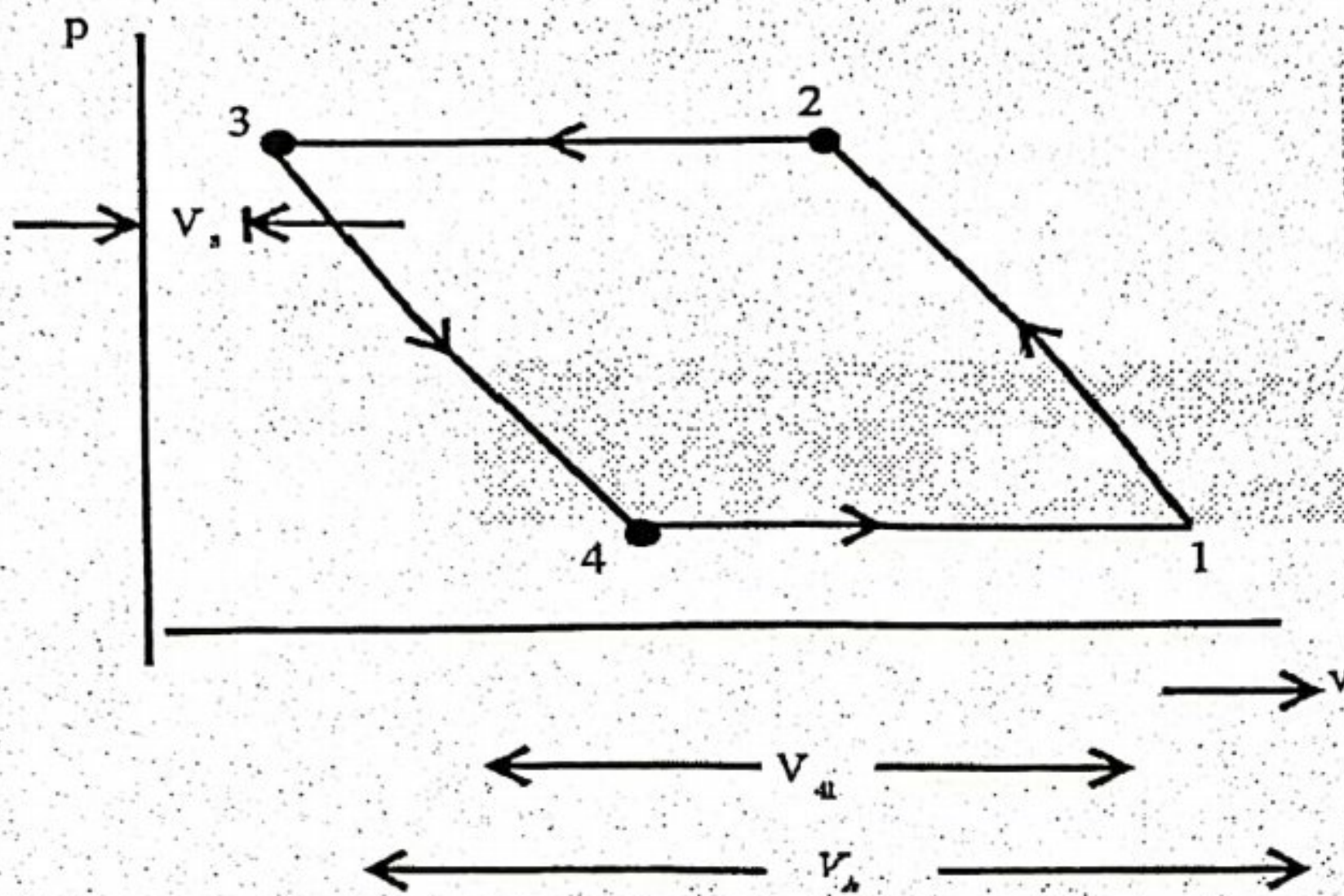
آزمایش تست کمپرسور

راندمان های مختلف کمپرسور

راندمان حجمی

کمپرسور با فضای مرده

چون در هنگام تخلیه هوای فشرده مقداری (V_s) از آن در سیلندر باقی می ماند بنابراین در هنگام مکش تمام سیلندر نمی تواند حاوی هوایی تازه باشد و گاز کمتری مکیده می شود.



فضای مرده (V_s)

حجم جابجایی (V_h)

حجم هوای مکیده (V_{41})

4 ----> 1

1 ----> 2

2 ----> 3

3 ----> 4

مکش هوای تازه بصورت ایزوباری

تراکم هوای مکیده شده (پلی تروپیک)

خروج هوای متراکم شده ایزو باری

انبساط هوای باقیمانده در سیلندر (فضای مرده)

چنانچه توان انبساط و تراکم یکسان و برابر n باشد راندمان حجمی از رابطه زیر بدست می آید:

$$\eta_{vol} = \frac{V_{41}}{V_h} = 1 - \frac{V_s}{V_h} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right]$$

آزمایش تست کمپرسور

راندمان مکانیکی = $\frac{\text{کار ایزوتروم}}{\text{کار واقعی}}$

$$\eta_m = \frac{P_m A L N / 60}{2 \pi T N / 60} = \frac{P_m A L}{2 \pi T}$$

راندمان ایزوترم = $\frac{\text{کار ایزوترم}}{\text{کار ایزوتروم}}$

$$\eta_{is} = \frac{60 \dot{m}_{Air} R T_1 \ln(P_2/P_1)}{\underbrace{P_m A L N}_{\eta T}}$$

راندمان ایزوترم کلی = $\frac{\text{کار ایزوترم}}{\text{کار واقعی}}$

$$\eta_{iso} = \frac{60 \dot{m}_{Air} R T_1 \ln(P_2/P_1)}{2 \pi N T}$$

که در روابط فوق

P_m فشار متوسط مؤثر

A سطح مقطع پیستون

L کورس

M_{air} دبی جرمی هوا

N دور کمپرسور بر اساس rpm

T_1 دمای هوا در ورود به کمپرسور

P_1 فشار هوا در ورود به کمپرسور

P_2 فشار هوا در خروج از کمپرسور

T گشتاور که به فرم زیر به دست می آید:

$$\eta_{elec} VI = \frac{2 \pi N T}{60}$$

V ولتاژ مصرفی

I آمپر مصرفی

$$\eta_{elec} = 72 \%$$

آزمایش تست کمپرسور

روشن آزمایش

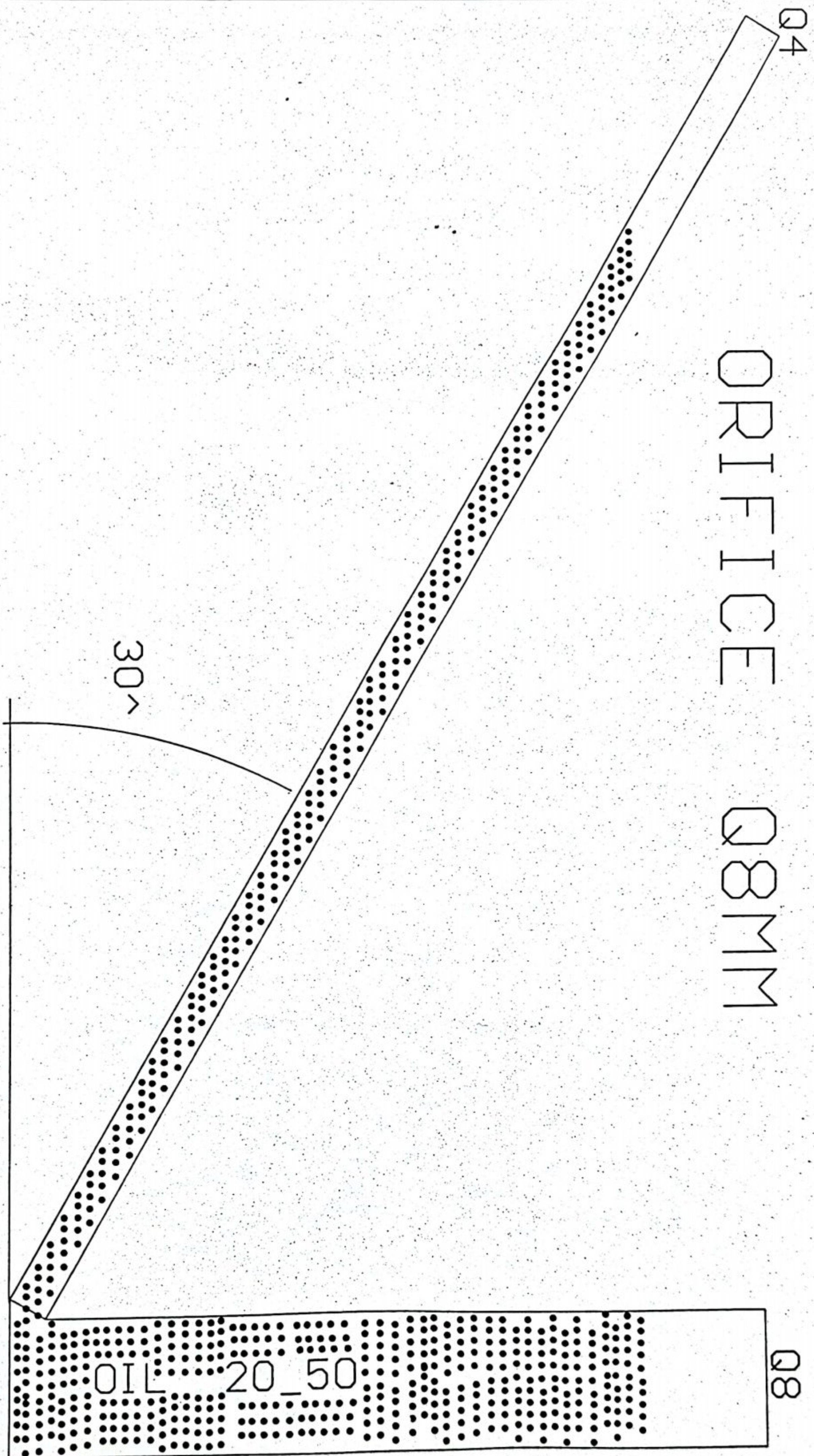
- شیر کنترل دبی جرمی هوا را باز کنید تا فشار سنج مخزن فشار صفر را نمایش دهد.
 - ولوم کنترل دور را برای عدد صفر قرار دهید.
 - کلید Power را روشن کنید.
 - ولوم کنترل دور را مقداری بچرخانید.
 - شیر کنترل دبی جرمی هوا را ببندید تا فشار افزایش پیدا کند.
 - پیش از اینکه فشار مخزن به حدود مثلاً ۲ اتمسفر رسید، شیر کنترل دبی جرمی را قدری باز کنید تا فشار داخل مخزن ثابت بماند.
 - اجازه دهید سیستم به حال تعادل برسد.
 - مقادیر فشار، دما، ولت، آمپر، دبی و سرعت را یادداشت کنید.
 - در چند فشار مختلف و همین سرعت آزمایش را تکرار کنید.
 - در یک فشار خروجی (مخزن) ثابت و چند دور مختلف کمپرسور مراحل فوق را تکرار کنید.
- لازم به ذکر است:

- همان طور که در مراحل آزمایش آمده است، برای انجام هر یک از حالت‌های آزمایش ابتدا باید مخزن خالی شود.
- اگر در حین آزمایش به هر دلیلی کمپرسور خاموش شد، برای شروع مجدد آزمایش باز هم باید مخزن خالی شود. تا هنگام روشن کردن دستگاه به کمپرسور فشار نیاید.

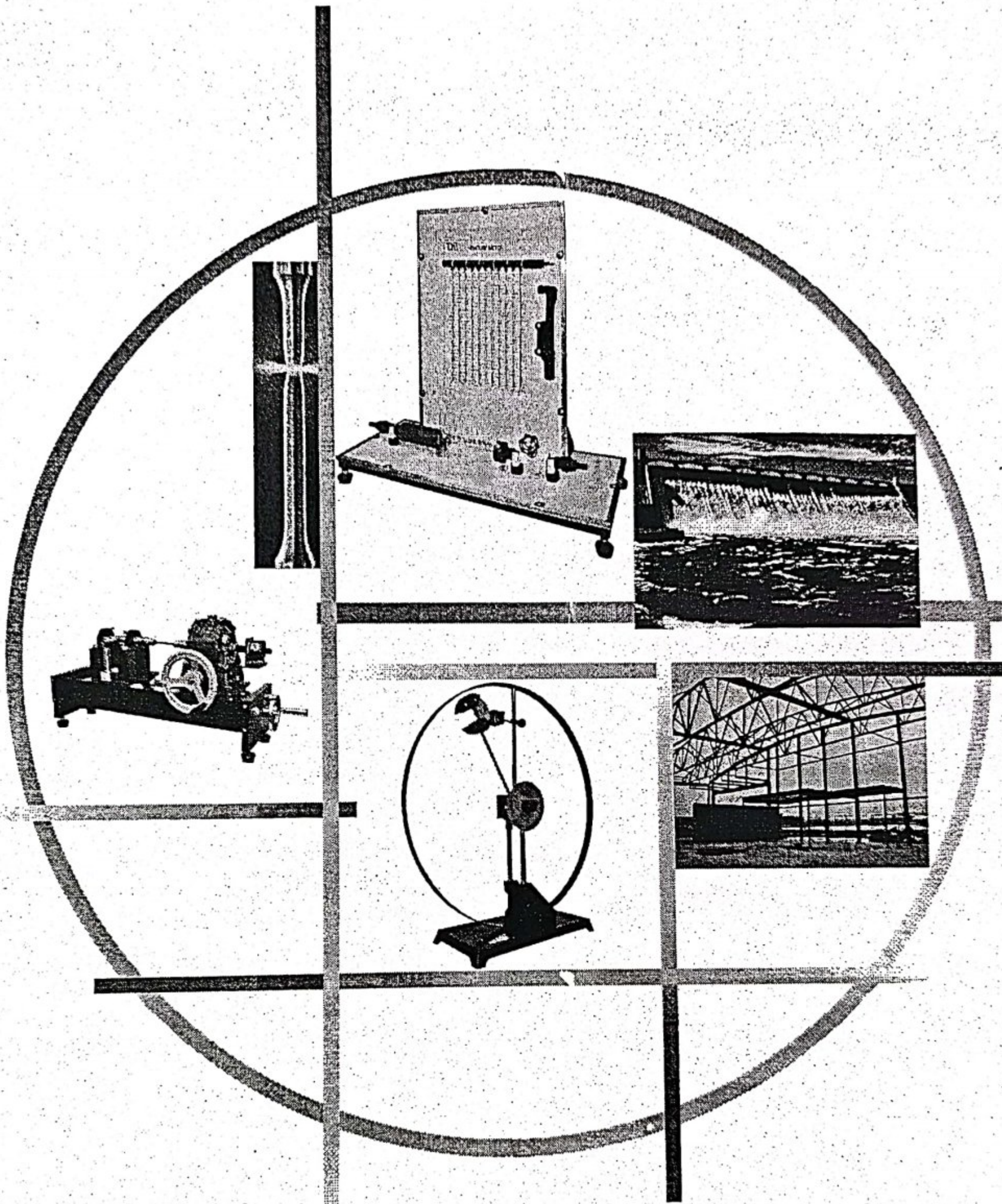
خواسته‌های آزمایش

۱. منحنی کار انجام شده توسط الکترو موتور بر اساس فشار خروجی.
۲. منحنی دمای خروجی از کمپرسور بر اساس فشارهای خروجی.
۳. منحنی دبی مصرفی بر اساس دورهای متفاوت.
۴. محاسبه راندمان حجمی در حالت‌های مختلف آزمایش با فرض.
۵. محاسبه راندمان ایزوترم کلی در حالت‌های مختلف آزمایش.

ORIFICE 08MM



دستور کار دستگاه دیگ مارست



تجهیزات آموزشی مهندسی

دیگ مارست

۱- مقدمه:

هدف از کار با این دستگاه بررسی تبدیل حالت مایع به بخار (تغییر فاز) و کاربرد معادله کلایپرون است.

۲- تئوری:

اثر مایع و فشار ثابت درجه حرارت در حجم آن مقدار ناچیز و دمای آن شدت تغییر می کند و در دمای معینی (T_b - دمای جوش) درجه حرارت ثابت مانده ولی تغییرات حجم شدید می شود تا اینکه تمام مایع داخل ظرف تبدیل به بخار گردد. سپس در اثر ادامه حرارت دما و حجم هر دو تغییر خواهند کرد. دیاگرام

PV, TS, TV

در شکل (۱) و (۲) فاصله AB مایع سرد دیاکسیروس شده نامند. خط B شروع جوشن و C پایان جوشن

است. فاصله BC را بخار مرطوب (اشباع) و فاصله CD را بخار داغ نامند. نقطه C معروف به دمای خشک

(اشباع) و نقطه B معروف آب جوش است. دمای جوشن (T_b) تابع فشار آتشش (P_b) است. و با افزایش

فشار (P_b) دمای جوشن افزایش میابد.

مشخصات مختلف مایع و بخار در جدول موجود است. (جدول ۱، ۲، ۳ در وان وایلن) فقط برای محاسبه

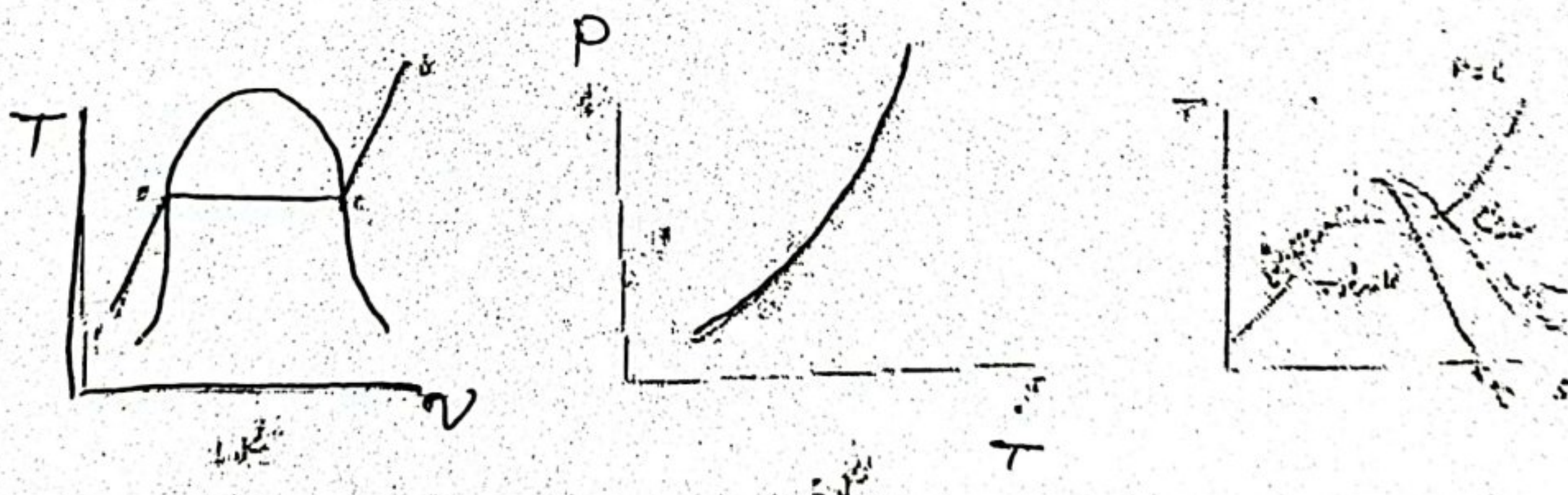
مشخصات ناحیه دو فاز (BC) باید از رابطه $\frac{V_x - V_f}{V_{fg}} = \frac{h_{fx} - h_{ff}}{h_{fg}} = \frac{S_x - S_f}{S_{fg}}$ استفاده شود.

(برای کتب اطلاعات بیشتر به کتاب وان وایلن فصل سوم و فصل دهم مراجعه شود)

✓ به طور کلی منظور از این آزمایش بدست آوردن مقادیر عملی و مقایسه آن با مقادیری است که در جدولون کتب

نموده شده است. این مقادیر عبارتند از (P_b) و $h_{fg} = f(T_b)$ و گرمای نهان تبخیر (h_{fg}) و تغییرات

انتروپی (S_{fg}) برای مشخص نمودن قوت دینامیکی مختلف ماده می توان از دیاگرام مقابل استفاده کرد.

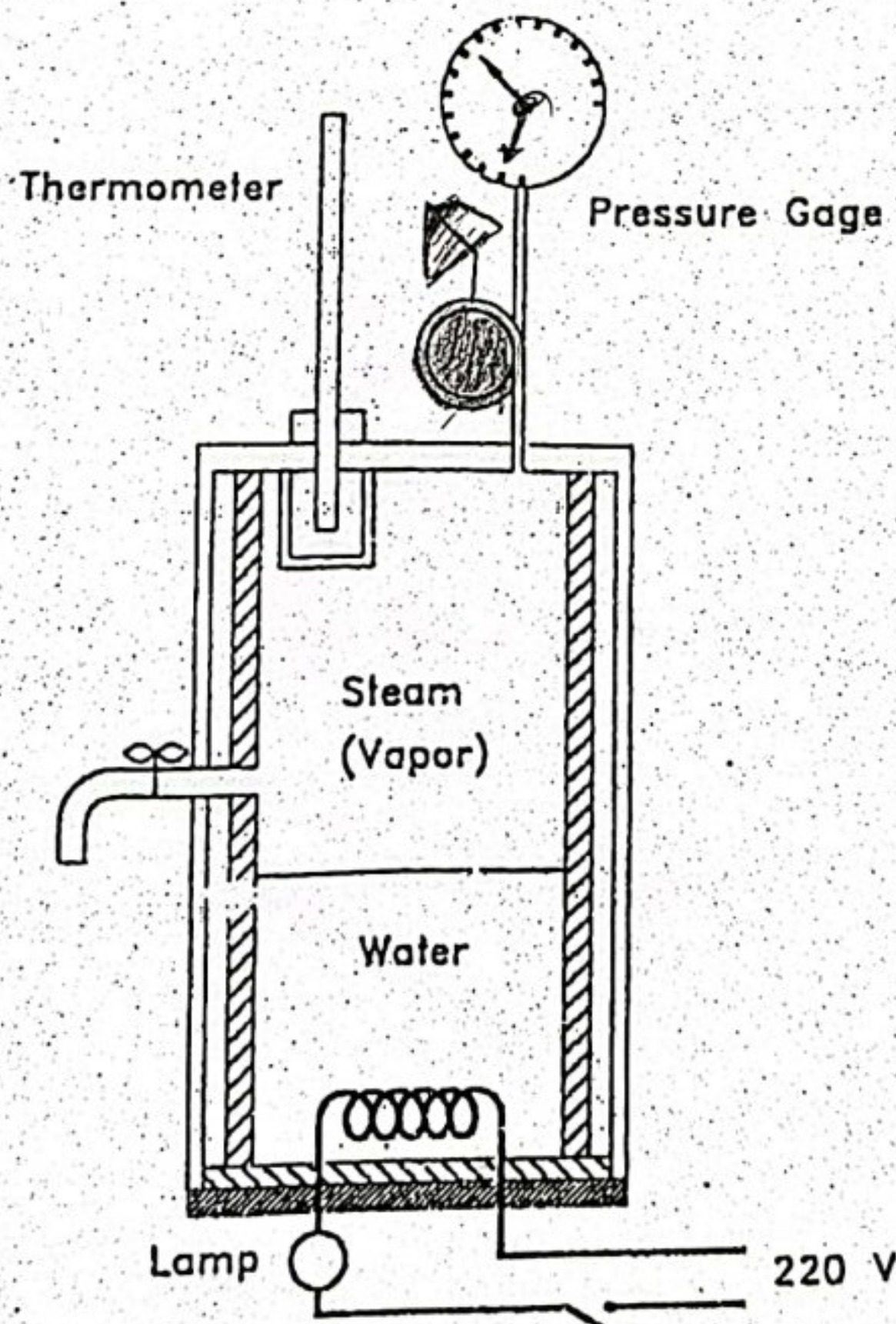


۳- وسایل آماده کردن دستگاه برای آزمایش: مخزن صلب فولادی - فشارسنج - ترمومتر - شیر اطمینان.

انرژی الکتریکی دستگاه توسط یک کلید از برق شهر با فرکانس 50 Hz و یک فاز تأمین میشود. انما ن گرم کننده دارای قدرت 2 KW است جریان برق 220 تا 240 ولت توسط یک کابل مقاوم 10 آمپر صورت میگیرد.

۴- دیگ مارست: دیگ مارست مخزنی است استوانه‌ای به حجم 4 لیتر یا ضخامت ورق زیاد تا بتواند در فشارهای بالا مقاومت کند بدنه دیگ با ورق آهن نازک پوشیده شده در نتیجه فاصله هوایی ایجاد شده که یک نوع عایق می باشد این دیگ دارای یک فشارسنج، بالای دیگ می باشد، که فشار مخزن را نشان میدهد. یک بوشن مهره دار درون دیگ رفته و انتهای بوشن بسته است. درون بوشن پر شده از روغن معمولی (تا فاصله هوایی که بین ترمومتر و بوشن وجود دارد توسط روغن از بین برده شود). حدود $\frac{2}{3}$ دیگ پر از آب می باشد و $\frac{1}{3}$ خالی است برای پر کردن دیگ از آب مقطر ابتدا مهره بوشن را باز کرده و آب را درون دیگ ریخته می شود و شیر بالای دیگ را باز کرده تا زمانی که آب از شیر خارج شود و سپس مهره بوشن را بسته و درون بوشن روغن اضافه کرده و ترمومتر را سر جایی خود قرار میدهم.

(شیر حدود $\frac{1}{3}$ از بالای دیگ نصب شده که آب اضافه از طریق شیر خارج می شود. همیشه $\frac{1}{3}$ فضای دیگ بدون آب می باشد).



۵- روش آزمایش :

در حالیکه مخزن حاوی مقدار معینی آب است شیر را باز کرده و شیر را روشن میکنیم. تا اینکه در آنر حرارت آب داخل دیگ بجوش آید. آنگاه شیر را بسته و کورتومتر را یکبار میاندازیم. در جدول مناسبی بازه تغییرات هر $1bar$ فشار، دما و زمان مربوط را یادداشت کرده تا اینکه فشار به $10 bar$ برسد آنگاه شیر را خاموش نموده که در نتیجه فشار و دما کاهش مییابند مجدداً تغییرات دما را بر حسب هر $1bar$ کاهش فشار و زمان یادداشت میکنیم

۶- خواسته ها :

۱- میانگین دمای رفت و برگشت را بازه فشارهای مختلف بدست آورده در دیاگرام $\Delta S = f(Ps)$ منحنی تغییرات دمای رفت - دمای برگشت - دمای متوسط - دمای تئوری (از کتاب وان وایلن) را رسم نمائید.

۲- منحنی $\frac{dP}{dt}$ را بازه فشارهای مختلف برای دمای میانگین و دمای تئوری رسم نمائید

۳- گرمای نهان تبخیر h_{fg} و تغییرات آنتروپی را در ناحیه دو فاز (بخار مرطوب) یکمک معادله کلاپرون

$$\left(\text{فصل ده وان وایلن} \right) \text{ یعنی از رابطه } \frac{dP}{dt} = \frac{h_{fg}}{T(V_g - V_f)} = \frac{S_{fg}}{(V_g - V_f)}$$

$$(V_g - V_f = V_{fg}) \text{ را میتوان بازه دمای دلخواه از جدول ۱.۱.۱ وان وایلن بدست آورد}$$

رسم منحنی h_{fg} و S_{fg} بازه فشارهای مختلف برای مقادیر بدست آمده از آزمایش و مقایسه آن با یکمک رابطه

کلاپرون از جدول بدست میآید.

۴- محاسبه دمای جوش به کمک معادله کلاپرون $\left(\frac{dP}{P} = \frac{h_g - h_f}{R} \left(\frac{dT}{T^2} \right) \right)$ بازه فشارهای مختلف و

مقایسه آن با مقادیر تئوری

(رسم منحنی $\Delta S = f(Ps)$ که توسط معادله کلاپرون بدست آمده و مقایسه آن با منحنی تئوری)

۵- معادله برای $P(S) = f(\Delta S)$ که با اعداد بدست آمده در آزمایش مطابقت داشته باشد پیشنهاد کنید

۶- ذکر منابع خطا و تاثیر آنها بر روی نتایج آزمایش بیان کنید

۷- بحث و نتیجه گیری کامل از نمودارهای فوق

۸- رسم تحول P - T از ابتدا تا انتهای آزمایش در دیاگرام P - T و تاثیر بستن شیر زودتر یا دیرتر از زمان مورد

نظر

۹- منحنی تغییرات درجه حرارت و فشار بر حسب زمان

۷- سئوالات :

- ۱- علت حلقوی بودن لوله ارتباطی فشارسنج به دیگ ✓
- ۲- دلیل تخلیه بخار از دیگ قبل از انجام آزمایش ✓
- ۳- هنگامیکه فشار دیگ به ماکزیمم خود رسید و آنرا خاموش گردید مشاهده میشود که برای زمان کوتاهی فشار ثابت یا کم شده ونی دما افزایش می یابد علت این پدیده را بیان کنید ✓
- ۴- آیا بدنه دیگ عایق است یا خیر چرا؟ ✓
- ۵- آیا در طول آزمایش پدیده جوش رخ میدهد یا خیر ✓
- ۶- بیان علت حلقوی بودن لوله مسیر اتصال فشارسنج به دیگ ✓
- ۷- بحث در مورد تأثیرات دمای اولیه آب روی نتایج آزمایش ✓
- ۸- چگونه میتوان اطمینان یافت که آب دیگ بجوش آمده است ✓
- ۹- بررسی نوع تحویل در دیگ ✓
- ۱۰- آیا بدنه دیگ عایق شده است یا خیر؛ چرا؟ ✓
- ۱۱- آیا در طول آزمایش پدیده جوش رخ میدهد یا خیر، چرا؟ ✓
- ۱۲- تغییرات حجم آب داخل دیگ در مرحله برگشت به چه صورتی است؟ ✓
- ۱۳- علت اختلاف در فاصله درجه بندی بین صفر تا یک یا سایر مقیاس در فشارسنج چیست؟ ✓
- ۱۴- علت بالا واقع شدن منحنی دما نسبت به فشار در مرحله رفت نسبت به برگشت چیست؟ ✓
- ۱۵- آیا هر دو منحنی رفت و برگشت (دما نسبت به فشار) که در آزمایشگاه بدست آورده ایم زیر منحنی تئوریک قرار میگیرند؟ چرا؟ ✓
- ۱۶- همانطور که ملاحظه گردید فاصله زمانی طی شده در هنگام تغییرات فشار متفاوت است توضیح دهید؟ ✓
- ۱۷- به چند طریق میتوان شیب منحنی T بر حسب p ($dp \cdot dt$) را بدست آورده کدامیک از طرق پیشنهادی دقیق تر است و چرا؟ ✓
- ۱۸- V_g را چگونه محاسبه میکنیم و تا حد مرتکب خطا می شویم علل آنرا شرح دهید؟ ✓
- ۱۹- چند نمونه از کاربرد (تئوریک و عملی) رابطه کلاپیرون را بنویسید؟ ✓
- ۲۰- پدیده جوش را تعریف کنید. دمای اشباع و فشار اشباع را تعریف کنید؟ ✓

۲۱- آیا ترمومتر تهیه شده بر روی دیگ دمایی واقعی را نشان می‌دهد ؟

۲۲- فشارسنج فشار چه نقطه‌ای را نشان می‌دهد ؟

۲۳- آیا به کمک دو مشخصه فشار و دما میتوان حالت یک ماده خالص را معین نمود ؟

۲۴- آیا ماده مورد آزمایش خالص بود ؟ (چرا باید ماده مورد آزمایش خالص باشد)

۲۵- دلیل تخلیه هوا را قبل از شروع آزمایش بیان کنید.

۲۶- منحنی‌های بدست آمده از نتایج آزمایش را با منحنی‌های بدست آمده از طریق اطلاعات جدول مقایسه کنید.

۲۷- منابع احتمالی خطا را مورد بررسی کنید.

۲۸- خواص مایع و بخارش را با توجه به این آزمایش مورد بحث قرار داده و نمونه صنعتی و عملی که در آنها این رابطه مؤثر است بیان کنید.

تمرین:

۱- گرمای نهان تبخیر بخار آب را در دمای 25°C به کمک معادله کلایرون بدست آورید.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{h_{fg}}{TV_{fg}}$$

حلی:

به کمک جدول بخار آب از 25°C مقدار V_{fg} مربوطه

$$\left\{ \begin{array}{l} 1. \quad 20^{\circ}\text{C} \Rightarrow p_s = 2034 \text{ kPa} \quad , \quad V_{fg20^{\circ}\text{C}} = 4303 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \\ 1. \quad 30^{\circ}\text{C} \Rightarrow p_s = 4024 \text{ kPa} \end{array} \right.$$

عبارتند از

$$\frac{DP}{DT} = \frac{4.24 - 2.34}{30 - 20} = \frac{1.9}{10} = 0.19$$

$$0.19 = \frac{h_{fg}}{(25 + 273) \times 43.3} \quad , \quad h_{fg} = 2451.6$$

که در مقایسه با مقدار تئوری از جدول $h_{fg} \text{ th} = 2442$ مقدار 0.4 درصد اختلاف دارد.

۲- مطلوبست فشار تصعید بخار آب در دمای 60°C .

حلی: در جدول بخار فشار تصعید فقط تا دمای 40°C داده شده است. در این دما مشخصات عبارتند از:

گرمای نهان تصعید $h_{fg} = 2838.9$ و $P_s = 0.0129 \text{ kPa}$ و $R = 0.461$ باشد.

$$\frac{dp}{P} = \frac{h_{fg}}{R} \left(\frac{dT}{T^2} \right) \quad \text{از رابطه دوم کلایرون برای فشارهای کم:}$$

$$\int \frac{dp}{P} = \frac{h_{fg}}{R} \int \frac{dT}{T^2}$$

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{h_{fg}}{R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 \times T_2} \right)$$

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{2838.9}{0.461} \left(\frac{233 - 213}{233 \times 213} \right)$$

$$\ln \frac{0.0129}{P_1} = 2.474$$

$$P_1 = 0.00109 \text{ kPa}$$

۳- بررسی معادله کلایرون

معادله کلایرون درجه مواردی دارای جوابی نیست. صحیح بوده و درجه مواردی جوابهایش دقیق نیست.

آزمایش دیگ مارست

تاریخ:

فشار محیط

محیط

$$\frac{dP}{dT}$$

کله بردن

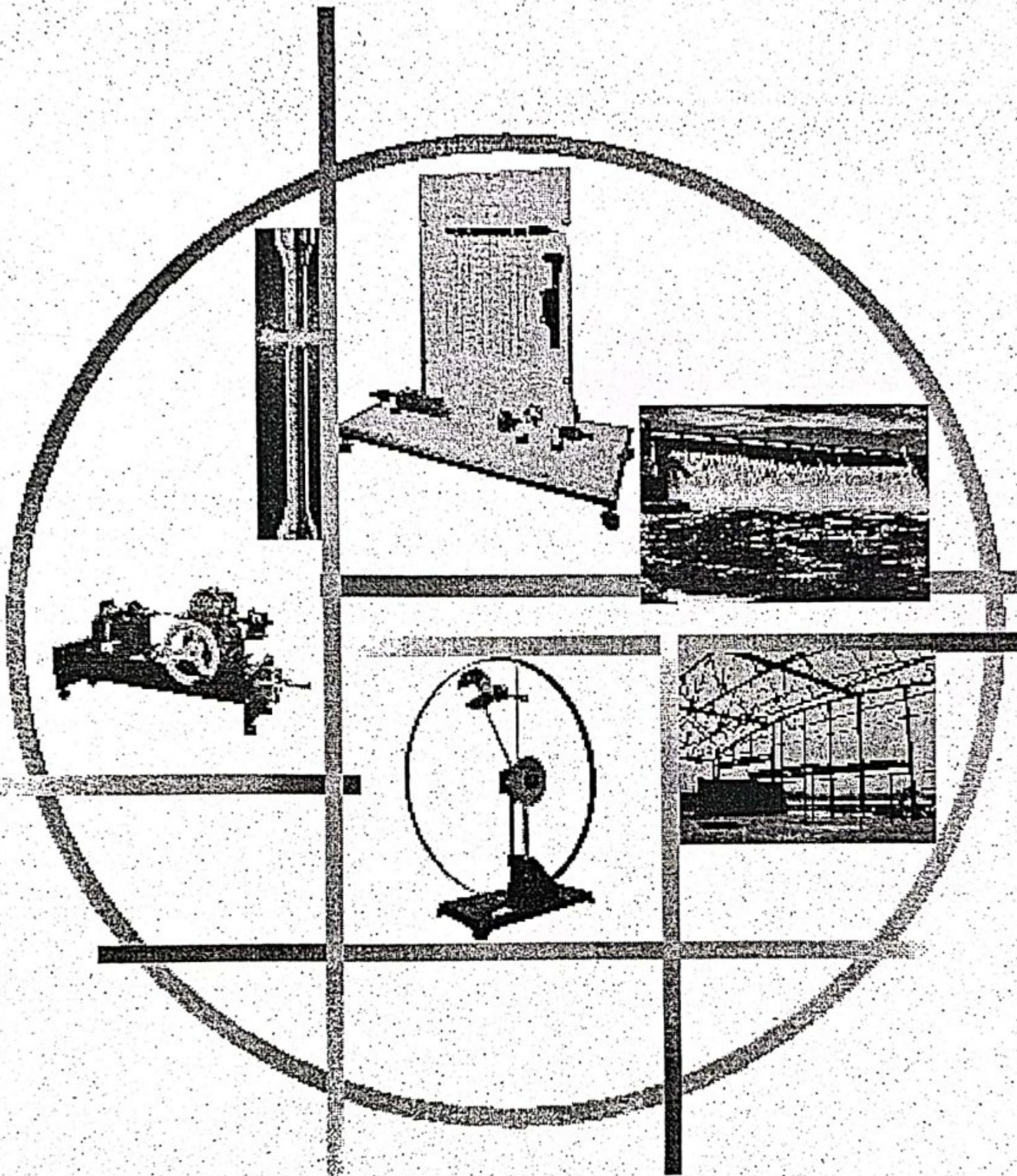
$$\frac{h_{fg}}{T_g}$$

فشار نسبی (bar)	فشار مطلق (bar)	دمای بخار (°C) متوسط - کاهش - افزایش	شیب اندازه گیری شده $\frac{dT}{dP}$	شیب محاسبه شده $T_g + h_{fg}$
1			۱۶/۵۵	۶,۲
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				



آخرین درایشت

دستورکار آزمایش تهویه مطبوع



تجهیزات آموزش مهندس

اهداف آزمایش :

- آشنایی با اجزای اصلی یک دستگاه تهویه مطبوع (Air conditioner).
- آشنایی با نحوه کارکرد اجزای دستگاه تهویه مطبوع جهت ایجاد شرایط آسایش.
- بررسی فرایندهای مختلف تهویه مطبوع نظیر رطوبت زنی، رطوبت زدایی، گرمایش، سرمایش
- رسیدن به شرایط آسایش، توسط دستگاه.
- بررسی پارامترهای مختلف بر عملکرد دستگاه نظیر:
- گرمای هوای ورودی.
- رطوبت موجود در هوای ورودی.

مقدمه :

تمام جانوران مواد غذایی (انرژی شیمیایی) را مصرف نموده و در اثر فعالیتهای بدنی انرژی بلااستفاده را به صورت حرارت به محیط و اساساً به اتمسفر پس می دهند. انسان معمولی در حدود 400 w (که مقدار آن بستگی به فعالیتهای معمولی آن دارد) به محیط پس می دهد. این تلفات حرارتی به صورت انتقال حرارت از سطوح بدن و نیز به وسیله تبخیر رطوبت و ششها و پوست انسان به محیط داده می شود.

با افزایش درجه حرارت هوای محیط میزان تلفات حرارتی از طریق انتقال حرارت کاهش می یابد، در صورتی که میزان تلفات بوسیله تبخیر افزایش می یابد. اگر رطوبت دمای هوای محیط به قدر کافی بالاتر باشد تبخیر کند شده و سطوح پوست مرطوب شده و انسان احساس ناراحتی می کند. در اثر شرایط گرم و رطوبتی، قوای انسان شدیداً به تحلیل رفته و قادر به انجام فعالیتهای شدید نخواهد بود. علاوه بر این، این شرایط برای رشد کپک و قارچها مساعد بوده که بعضی از آنها سبب بیماریهای پوستی می شود در صورتی که کمی رطوبت هوا سبب افزایش تبخیر از طریق ششها، ریه، چشمها و مجراهای بینی می گردد که می توانند در انسان تولید ناراحتی کنند.

صنایع تهویه مطبوع روز به روز در سراسر دنیا در حال پیشرفت و گسترش می باشد، موارد استفاده تهویه مطبوع در تهویه خانگی، بیمارستانها، اماکن عمومی، معادن، مغازهها، دفاتر کار، کارخانهها و حمل و نقل زمینی، دریایی و هوایی می باشد. در بعضی موارد شرایط راحتی انسان در درجه اول اهمیت نمی باشد. این موارد نظیر انبار دستگاههای حساس گلخانهها، مراکز دامداری، سردخانه و غیره می باشند.

تاسیسات تهویه مطبوع شامل تجهیزات از قبیل فنها، فیلتر، کوئیل، مبدلهای حرارتی، رطوبت زن ها، رطوبت گیرها، دیگ و واحدهای تبرید می باشند.

تهویه مطبوع معمولاً اطلاق به سیستمی از روشهای تهیه و توزیع هوا می گردد که دست کم پارامترهای ذکر شده در زیر را کنترل و به حد مطلوب برساند. این عوامل بر حسب اهمیت عبارتند از:

الف) درجه حرارت : در سیستم تهویه مطبوع در تابستان و زمستان درجه حرارت کنترل قرار گرفته و به درجه مطلوب (معمولا $20-30^{\circ}\text{C}$) می‌رسد.

ب) رطوبت نسبی و یا مقدار آب در هوا : این مقدار نیز برای شرایط زندگی و زیست مطلوب در تابستان از 40٪ تا 60٪ و در زمستان نیز از 30٪ تا 50٪ تعیین شده است.

ج) سرعت توزیع و یا انتقال هوا : (و در نتیجه میزان فشار استاتیک و دینامیک هوای منتقل شده) که تابع مقررات و توصیه‌های خاص خود می‌باشد.

د) درجه پاکی و تمیزی هوا : که بستگی به نوع محیط کار و آلودگی هوای خارج دارد.

تئوری و تعاریف :

رطوبت مخصوص یا مطلق (ω) : که برابر است با نسبت «جرم بخار آب» به «جرم هوای خشک».

در صد رطوبت نسبی (ϕ) : که برابر است با نسبت «فشار جزئی بخار در اتمسفر داده شده» به «فشار اشباع بخار در همان دما».

دمای خشک : دمایی که یک ترمومتر معمولی نشان می‌دهد را دمای خشک گویند.

دمای مرطوب : که یک ترمومتر در نظر بگیرند که حساسه آن در پنبه مربوط احاطه شده باشد.

درجه حرارتی که این ترمومتر نشان می‌دهد ، دمای مربوط گویند.

منحنی سایکرومتریک : هنگامی که محاسبه خواص بخار آب از قوانین دالتون و گیب امکان‌پذیر شد ، استفاده

از منحنی سایکرومتریک بسیار مناسب خواهد بود. این منحنی برای فشار اتمسفر استاندارد ($1.013\text{bar or }101.3\text{kpa}$) صحیح است. اگر فشار اتمسفر به‌طور محسوسی با فشار استاندارد تفاوت داشته باشد ، اگر دستگاه در ارتفاع بالا مورد استفاده قرار بگیرد ، منحنی در فشار مقتضی باید مورد استفاده قرار بگیرد. با دادن دو خاصیت مستقل ، موقعیت هوا در منحنی مشخص می‌شود. خواصی که به این منحنی مربوطند عبارتند از دمای خشک ، دمای هوای تر ، حجم مخصوص ، رطوبت مخصوص ، آنتالپی مخصوص ، در صد اشباع (که می‌تواند به صورت رطوبت نسبی داده شود).

باید توجه شود که درجه آنتالپی مخصوص ، آنتالپی هوای خشک بعلاوه آنتالپی بخار موجود در آن است (هر دو در دمای 0°C حساب شده) اما به صورت kJ/kg در هوای خشک بیان می‌شود.

نقطه شبنم : عبارت از درجه حرارتی است که در آن درجه حرارت ، بخار آب به حالت اشباع می‌باشد. (به عبارتی درجه حرارت مربوط به فشار جزئی بخار آب ، همان دمای نقطه شبنم می‌باشد) ، بالاتر از نقطه شبنم

بخار آب موجود در هوا به صورت بخار داغ و در دماهای زیر دمای نقطه شبنم ، بخار آب مخلوطی از آب و بخار اشباع شده است.

$$P_a V = m_a R_a T$$

$$P_v V = M_v R_v T$$

روابط گاز کامل

$$\text{طوبت نسبی } (\phi) = \frac{\text{فشار جزئی بخار آب در حالت مخلوط (هوا)}}{\text{فشار اشباع بخار آب در دمای مخلوط}} \times 100 = \frac{P_a}{P_g} \times 100$$

$$\text{درصد اشباع} = \frac{\text{جرم بخار آب در مخلوط}}{\text{جرم بخار اشباع در همان دما}} \times 100$$

رفتار هوای مرطوب :

رفتار مرطوب بوسیله قوانین مخلوط گازها بیان می‌شوند. این قوانین عبارتند از :

1. هر جزء گاز یا بخار از مخلوط از قانون عمومی گازها تبعیت می‌کند و در دمای مخلوط ، حجم فضا را اشغال می‌کنند و فشار آن را فشار جزئی می‌نامند.
2. فشار مخلوط برابر با مجموع فشارهای جزئی هر یک از عناصر مخلوط می‌باشد. (قانون دالتون)
3. آنتالپی ، انرژی داخلی و آنتروپی مخلوط برابر با مجموع آنتالپی ، انرژی داخلی و آنتروپی هر یک از عناصر مخلوط در دمای مخلوط و فشار جزئی آنها (قانون گیبس).

تبادل انرژی :

تمام تحولات تهویه مطبوع را می‌توان به صورت تحولات جریان پایدار با تغییر انرژی جنبشی و پتانسیل ناچیز در نظر گرفت. بنابراین برای هر قسمت از دستگاه که بمانند سیستم باز در نظر

$$\text{گرفته می‌شود : } Q - P = \Delta H$$

ΔH : تغییر میزان آنتالپی سیال در ورودی و خروج از دستگاه.

Q : میزان تبادل حرارتی (اگر به سیستم حرارت داده شود علامت آن مثبت است).

P : توان مبادله شده (مکانیکی یا الکترونیکی اگر سیستم حرارت داده شود علامت آن مثبت است).

مثال :

الف) $100m^3$ از مخلوط هوا - بخار آب در $0.1 MPa$ و $35^\circ C$ با رطوبت نسبی 70 درصد را در نظر بگیرید. نسبت رطوبت - نقطه شبنم ، جرم هوا و جرم بخار را حساب کنید.

ب) مخلوط را تا $5^\circ C$ در طی فرآیند فشار ثابت سرد کنیم ، مقدار بخار آب را محاسبه کنید.

الف) سیستم : مخلوط

حالت : T, P و ϕ معلوم ؛ حالت ثابت.

تحلیل و حل :

معادلات بالا و جداول بخار :

$$\Phi = 0.70 = \frac{P_v}{P_g}$$

$$P_v = 0.70(5.628) = 3.94 \text{ KPa}$$

نقطه شبنم ، درجه حرارت اشباع مربوط به این فشار است که معادل 28.6°C می باشد. فشار جزئی هوا عبارت است از :

$$P_a = P - P_v = 100 - 3.94 = 96.06 \text{ kPa}$$

نسبت رطوبت را می توان از معادله زیر به دست آورد :

$$\omega = 0.622 \times \frac{P_v}{P_a} = 0.622 \times \frac{3.94}{96.06} = 0.0255$$

جرم هوا عبارت است از :

$$m_a = \frac{P_a V}{R_a T} = \frac{96.06 \times 100}{0.287 \times 308.2} = 108.6 \text{ kg}$$

جرم بخار را می توان از نسبت رطوبت یا استفاده از معادله حالت گاز ایده آل محاسبه کرد:

$$m_v = \omega m_a = 0.0255(108.6) = 2.77 \text{ kg}$$

$$m_v = \frac{3.94 \times 100}{0.46152 \times 308.2} = 2.77 \text{ kg}$$

(ب) سیستم : مخلوط

حالت اولیه : معلوم (قسمت الف)

حالت نهایی : T معلوم

فرآیندها : فشار ثابت

تجزیه و تحلیل : در درجه حرارت نهایی مخلوط اشباع است زیرا درجه حرارت 5°C زیر نقطه شبنم می باشد ، بنابراین :

$$P_{v2} = P_{g2}$$

$$P_{a2} = P - P_{v2}$$

9

$$\omega_2 = 0.622 \frac{P_{v2}}{P_{a2}}$$

با توجه به اصل بقای جرم مقدار بخار آب چگالیده شده مساوی با اختلاف بین جرم بخار آب در حالت اولیه و نهایی است :

$$m_a(\omega_1 - \omega_2) = \text{جرم بخار چگالیده شده}$$

حل :

$$P_{v2} = P_{g2} = 0.8721 \text{ kpa}$$

$$P_{a2} = 100 - 0.821 - 99.128 \text{ kpa}$$

$$\omega_2 = 0.622 \times \frac{0.8721}{99.128} = 0.0055$$

$$m_a(\omega_1 - \omega_2) = 108.6(0.0255 - 0.0055) = 2.172 \text{ kg}$$

مشخصات دستگاه :

پیش گرمکن : المنت الکتریکی فین دار به توان $2 \times 1 \text{ kw}$ در ولتاژ 220 ولت

خنک کننده : اواپراتور

پیش گرمکن مجدد: المنت الکتریکی فین دار به قدرت اسمی $2 \times 1 \text{ kw}$ در ولتاژ 220 ولت

فن : سانترفوژ با سرعت متغیر

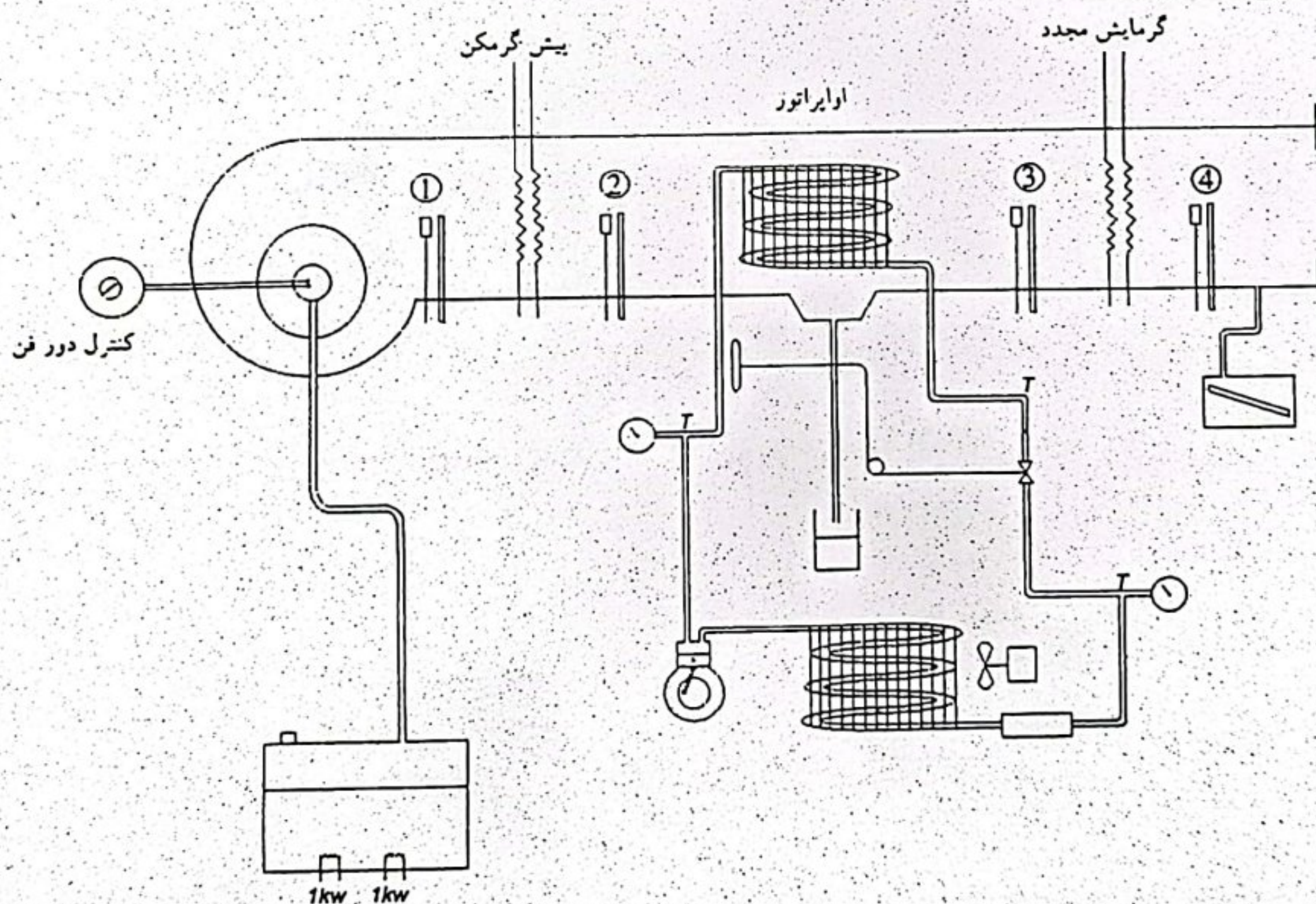
دیگ : المنت الکتریکی در فشار اتمسفر به توان $2 \times 1 \text{ kw}$ ، در ولتاژ 220 ولتواحد تبرید : کمپرسور $1/2 \text{ hp}$ کندانسور هوایی ، مبرد (R12)

دبی سنج جریان هوا : از نوع صفحه اوریفیس با مانومتر شیب دار

دماسنج دیجیتالی : جهت اندازه گیری دمای هوا و مبرد در قسمتهای مورد نیاز

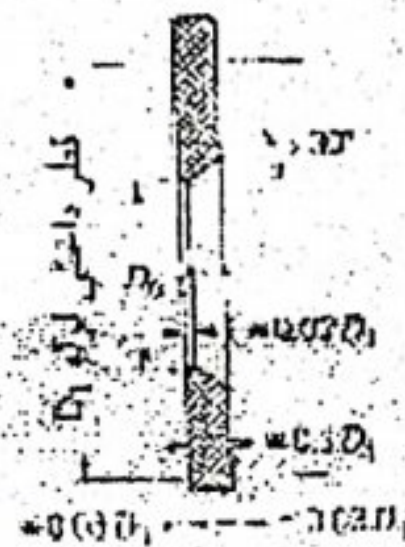
مقطع کانال هوا : $25 \times 35 \text{ cm}^2$

نمای شماتیک دستگاه :



آزمایش ها :

از آن جا که در هر مرحله از آزمایش باید مدت زمانی صبر کرد تا سیستم به تعادل برسد ، لذا توصیه می شود آزمایش های دستگاه در تعداد جلسه لازم انجام شود.
در این آزمایش ها به بررسی فرایندهای مختلفی که در یک سیستم تهویه مطبوع رخ می دهد ، هم به صورت جدا و هم به صورت ترکیبی با یکدیگر پرداخته می شود.
محاسبه دبی جرمی هوا توسط اریفیس :



با استفاده از فرمول مربوط به اندازه گیری
دبی توسط اریفیس داریم :

$$Q = CA_0 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

$$\dot{m} = CYA \sqrt{2\rho_1 \Delta p}$$

Y : ضریب انبساط

A : مساحت اوریفیس

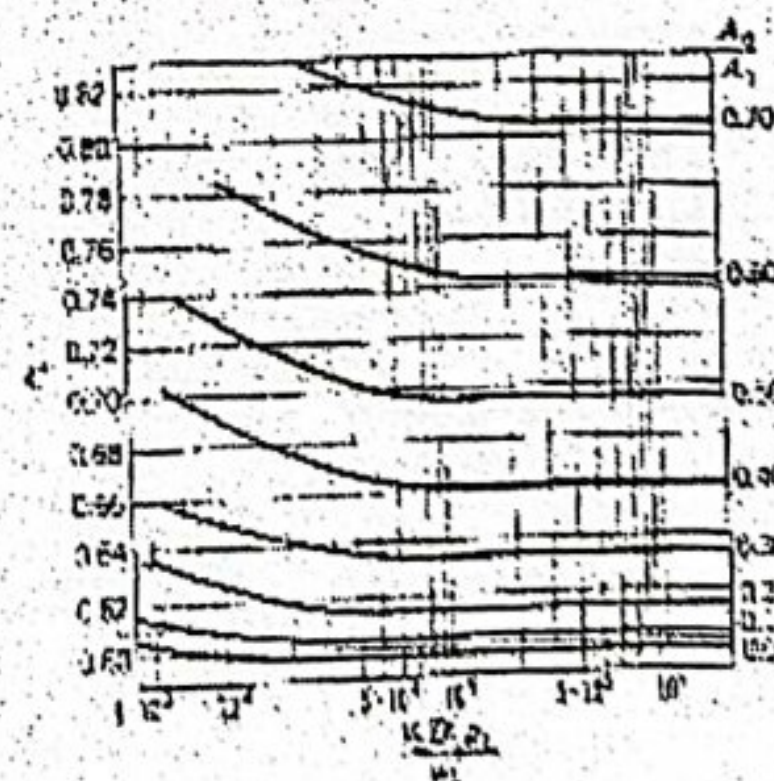
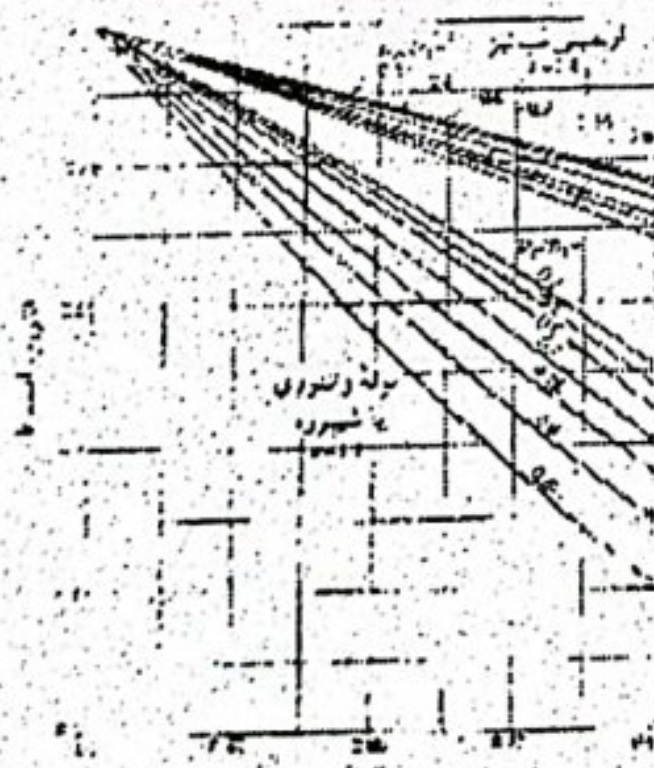
$$\dot{m} = CYA \sqrt{2\rho_1} \times \sqrt{p\rho h}$$

p_1 : چگالی هوا در نقطه (1)

p : چگالی مایع مانومتر

h : اختلاف ارتفاع مانومتر

که در آن ضریب C و Y را می توان از نمودارهای زیر برای اوریفیس لب تیز به دست آورد :



$\rho = 1000$ چگالی مایع مانومتری

ابعاد کانال $25 \times 35 \text{ cm}^2$

آزمایش 1 (رطوبت زنی و گرمایش) :

- کلید برق دستگاه را روشن کنید.

- میزان آب مخزن را چک کنید که بیشتر از نیمه باشد.

- قبل از شروع تست فن را مثلاً بر روی عدد 7 قرار دهید و از سنسورهای دما و رطوبت شرایط آزمایشگاه را بدست آورید. (شرایط 0)

- سپس هر 2 هیتر رطوبت زن را روشن نمایید و منتظر بمانید تا آب مخزن به جوش آید. (حدوداً 20 دقیقه قبل از شروع آزمایش این کار را انجام دهید)

- شرایط دمایی و رطوبت را از روی سنسورها (نقطه 1) بخوانید و در جدول یادداشت نمایید. ✓

- مراحل فوق را برای توان رطوبت زنی 1 kw ، 2 kw تکرار کنید و اطلاعات بدست آمده را در جدول یادداشت نمایید.

✓ - همچنین برای یک توان رطوبت زنی (به عنوان مثال 1 kw) ، آزمایش را برای چند دور فن (8 ، 7 ، 6 ، 5 ، 4 ، 3 ، 2 ، 1 ، 0) تکرار کنید و اعداد حاصل را در جدول یادداشت نمایید

6	5	4	3	2	1	مراحل	
						درجه حرارت T_0 (C)	شرایط هوای ورودی
						رطوبت نسبی ϕ_0 (%)	
						رطوبت مطلق ω_0 ($\text{kgH}_2\text{O} / \text{kgdryAir}$)	
						درجه حرارت T_1 (C)	شرایط هوای خروجی از فن پس از رطوبت زنی
						رطوبت نسبی ϕ_1 (%)	
						رطوبت مطلق ω_1 ($\text{kgH}_2\text{O} / \text{kgdryAir}$)	
							توان هیتر رطوبت زن (Kw)
							Δp در مانومتر $\left(\frac{N}{m^2}\right)$
							دبی هوا $\left(\frac{\text{kg}}{s}\right)$

خواسته‌های آزمایش :

- مراحل مختلف آزمایش فوق را بر روی دیاگرام سایکرومتریک رسم نمایید.
- موازنه جرم در تحولات رطوبت‌زنی را انجام دهید. میزان آب تبخیر شده در رطوبت‌زن توسط توان ورودی هیترها $\dot{m}_v = \frac{QH}{h_{fg}}$ و همچنین روش $\dot{m}_v = \dot{m}_a(w_1 - w_0)$ محاسبه نمایید و با یکدیگر مقایسه کنید.
- * همان طور که می‌دانیم با داشتن دو خاصیت از هوای مرطوب نظیر T و ϕ می‌توان سایر پارامترهای آن مانند ω و h و ... را بدست آورد.

آزمایش 2 (رطوبت زدایی) :

- ولوم فن را بر روی عدد 7 قرار دهید.
- ترموستات دستگاه بر روی عدد 30- قرار گیرد.
- 2Kw هیتر رطوبت‌زن را روشن نمایید (تا رسیدن به شرایط دائم صبر کنید).
- کمپرسور سیکل تبرید را روشن نمایید.
- شرایط هوا را در نقاط 2 و 3 یادداشت نمایید.
- جدول را کامل نمایید.

	درجه حرارت (T_2 (C	شرایط هوای قبل از اواپراتور
	رطوبت نسبی (ϕ_2 (%)	
	رطوبت مطلق ω_2 (kgH ₂ O / kgdryAir)	
	درجه حرارت (T_3 (C	شرایط هوای خروجی از فن پس از رطوبت‌زدایی
	رطوبت نسبی (ϕ_3 (%)	
	رطوبت مطلق ω_3 (kgH ₂ O / kgdryAir)	

خواسته‌ها :

- تحول رطوبت‌زدایی را بر روی دیاگرام سایکرومتریک رسم نمایید.
- آزمایش 3 (گرمایش هوا) : (سایکل تبرید هوا) ϕ و T را در نقاط 1 و 2 در جدول یادداشت نمایید.
- هر دو هیتر پیش گرمکن را روشن نمایید.
- فن را بر روی عدد 7 قرار دهید.
- دما و رطوبت نقاط 1 و 2 را در جدول یادداشت نمایید.
- 1 هیتر پیش گرمکن را خاموش نمایید و مراحل فوق را تکرار کنید.

– هیترهای پیش‌گرمکن را خاموش نماید و آزمایش فوق را برای توان‌های 1kw و 2kw با استفاده از هیترهای گرمایش مجدد تکرار نماید و دما و رطوبت نقاط را در جدول یادداشت نماید.

4	3	2	1	مراحل	
				درجه حرارت (C) T_1	شرایط هوای قبل از پیش گرمکن
				رطوبت نسبی $(\%)$ ϕ_1	
				رطوبت مطلق $h_1 (Kj/Kg.K)$	
				درجه حرارت (C) T_2	شرایط هوای پس از پیش گرمکن
				رطوبت نسبی $(\%)$ ϕ_2	
				آنتالپی $(Kj/Kg.K)$ h_2	
				درجه حرارت (C) T_3	شرایط هوای قبل از گرمایش مجدد
				رطوبت نسبی $(\%)$ ϕ_3	
				آنتالپی $(Kj/Kg.K)$ h_3	
				درجه حرارت (C) T_4	شرایط هوای خروجی پس از گرمایش مجدد
				رطوبت نسبی $(\%)$ ϕ_4	
				آنتالپی $(Kj/Kg.K)$ h_4	
					توان هیتر گرمکن (Kw)
					Δp در مانومتر $\left(\frac{N}{m^2}\right)$
					دبی هوا $\left(\frac{kg}{s}\right)$

خواسته‌ها:

- فرایندهای گرمایش را بر روی دیاگرام سایکرومتریک رسم نماید.
- موازنه انرژی را در تحولات گرمایش انجام دهید و میزان اتلاف در هر قسمت را محاسبه نمایید.

$\left(\dot{Q}_a\right)$ میزان حرارت منتقل شده به هوا – توان هیتر = اتلاف

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_a \Delta h$$

در صورت داشتن زمان، برای یک دبی دیگر هوا (مثلاً عدد فن 6) هم آزمایش فوق را تکرار کنید.

آزمایش 4 (سرمایش هوا) :

- ترموستات دستگاه بر روی عدد 30- قرار گیرد. (هیتر رطوبت زن (فن) خاموش گردد.)
 - فن را بر روی عدد 6 قرار دهید. ((هیتر پیش گرمکن و گرمایش مجدد خاموش گردد))
 - کمپرسور را روشن نمایید و منتظر بمانید تا سیستم به شرایط دائم برسد.
 - اطلاعات دمایی رطوبت نقاط 2 و 3 را در جدول ثبت نمایید.
 - آزمایش فوق را برای عدد فن بر روی 7 و 8 هم انجام دهید.
- خواسته های آزمایش :

- تحولات هوا را بر روی دیاگرام سایکرومتریک رسم نمایید.

آزمایش 5 (رسیدن به شرایط آسایش) :

با تنظیم امان های مختلف دستگاه ، به نحوی که تا حد امکان کمترین میزان مصرف انرژی در سیستم وجود داشته باشد تلاش کنید شرایط هوا را به شرایط آسایش تهویه مطبوع نزدیک نمایید. (رطوبت نسبی حدود 50% و درجه حرارت 25 درجه سانتی گراد).

نکات مهم در هنگام کار با دستگاه تهویه مطبوع :

1. دور فن را می توان توسط *Dimmer* که در دستگاه قرار داده شده است تغییر داد بر اساس تغییرات دور ، *Watmeter Fan* که در تابلو نصب شده است ، توان فن را در دورهای متفاوت نمایش می دهد که حداکثر توان در حداکثر دور $70/5kw$ می باشد.
- 2 *termometer5* ، دمای خروجی از اواپراتور را نشان می دهد.
- 3 *termometer6* ، دمای ورودی از اواپراتور را نشان می دهد.
- 4 *termometer7* ، دمای خروج از کندانسور را نشان می دهد.
5. هر کدام از هیترهای پیش گرمکن و گرمایش مجدد ، مجهز به ترموستات می باشند که توسط آن ها می توان را روی مقدار دلخواه و موردنظر تنظیم کرد (گسترده دمایی $0-90^{\circ}$ می باشند).
6. قطر اریفیس را می توان $5-10-15cm$ تنظیم کرد.
7. یک ظرف دردار در پایین دستگاه تعبیه شده است که دارای 2 هیتر $1kw$ می باشد و به عنوان رطوبت زن مورد استفاده قرار می گیرد ، می توان درب آن را باز کرد و آب ریخت تا با روشن کردن هیترها ، آب تبخیر شود. یک خطکش مدرج روی آن نصب شده است که هر $5mm$ از خطکش به اندازه $1Lit$ آب حجم دارد.
8. فشار قبل و بعد از *Comperssor* را می توان تحت عنوان P_1 و P_2 از روی دستگاه خواند.
9. دکمه های *ON/OFF* تعبیه شده در روی دستگاه به ترتیب برای روشن کردن *Fan* و هیترهای رطوبت زن ، هیترهای پیش گرمکن و هیترهای گرمایش مجدد به کار می رود که هر کدام از هیترها $1kw$ توان دارند.

DA-TE11

آزمایش تهویه مطبوع

10. توان *Comperssor* را در هر لحظه می توان توسط *watmeter Comperssor* از روی دستگاه خواند.

11. بر روی مانومتر ، پیچ های مشکی رنگی تعبیه شده است که توسط آنها می توان مانومتر را طوری تنظیم کرد که مانومتر تراز باشد (تراز بودن مانومتر را توسط دستگاه تراز که در روی مانومتر نصب شده است می توان مطمئن شد).

نمونه کار لایمتر

• هدف: به دست آوردن ارزش حرارتی سوختهای مایع

• مقدمه:

به دست آوردن ارزش حرارتی یک سوخت از مهم ترین پارامترهای مربوط به سوختها می باشد هر گاه مقداری از سوخت به طور کامل سوزانده شود و حرارت ناشی از آن محاسبه گردد می توان ارزش حرارتی آن را بدست آورد.

• تئوری:

آنچه که در صنعت بطور معمول در مورد محاسبه ارزش حرارتی یک سوخت بکار می رود استفاده از حرارت ناشی شده از سوخت برای گرم کردن یک مایع و بطور معمول آب خالص است. با محاسبه مقدار افزایش دمای آب می توان حرارت ناشی شده از انفجار سوخت را بدست آورد آنچه که مهم است این است که احتراق می بایست در یک محیط مناسب و با اکسیژن کافی انجام گیرد. در غیر این صورت اعداد و نتایج به دست آمده دارای ارزش نمی باشند. در ضمن در مورد سوختهای جامد می بایست آنها را به صورت پودر درآورده و بلافاصله وزن نمود. زیرا رطوبت هوا به سرعت جذب جامد شده و وزن آن را تغییر می دهد.

نکته مهم دیگر اندازه گیری دقیق سوخت مصرف شده است. زیرا هر گونه خطا در اندازه گیری به نتایج آزمایش به شدت لطمه وارد می کند.

• نکات مهمی که باید در هنگام استفاده از دستگاه رعایت شود:

- استفاده از بمب کالریمتر

- ۱- برای استفاده از این دستگاه ابتدا باید اتاقی را که تغییرات دمایی آن ناچیز است اختیار کنید.
- ۲- باید توجه شود که این دستگاه نباید در معرض نور مستقیم آفتاب قرار گیرد.
- ۳- بمب کالریمتر یک دستگاه حساس است باید در نگهداری از آن دقت شود. به هیچ وجه نباید به دستگاه ضربه ای وارد شود.
- ۴- قبل از استفاده می بایست بمب را با آب کاملاً شست و خشک نمود. Seal دستگاه نیز می بایست کاملاً تمیز باشد این عمل باعث می شود که دستگاه نشی نداشته باشد حتی استفاده از کمی گریس روی دنده ها پیشنهاد می شود.
- ۵- در هنگام پر کردن بوته بمب بوسیله سوخت باید توجه داشت که سوخت از محفظه آن بیرون نریزد. در غیر این صورت نتایج آزمایش بی ارزش خواهد بود. برای این منظور بعد از قراردادن بوته در محل قرار گیری بمب، بمب را از حالت عمودی خارج نکنید.
- ۶- بعد از بستن بمب فشار اکسیژن داخل آن را به فشار مورد تست برسانید. (فشار حدود ۴ تا ۶ bar) اگر مقدار فشار بالاتر از این فشار رسید، شیر تخلیه را باز نمایید تا مقداری اکسیژن خارج شود دقت کنید در آزمایش های دقیق با سوخته های فرار با این عمل ممکن است مقداری از سوخت شما نیز تبخیر شود.

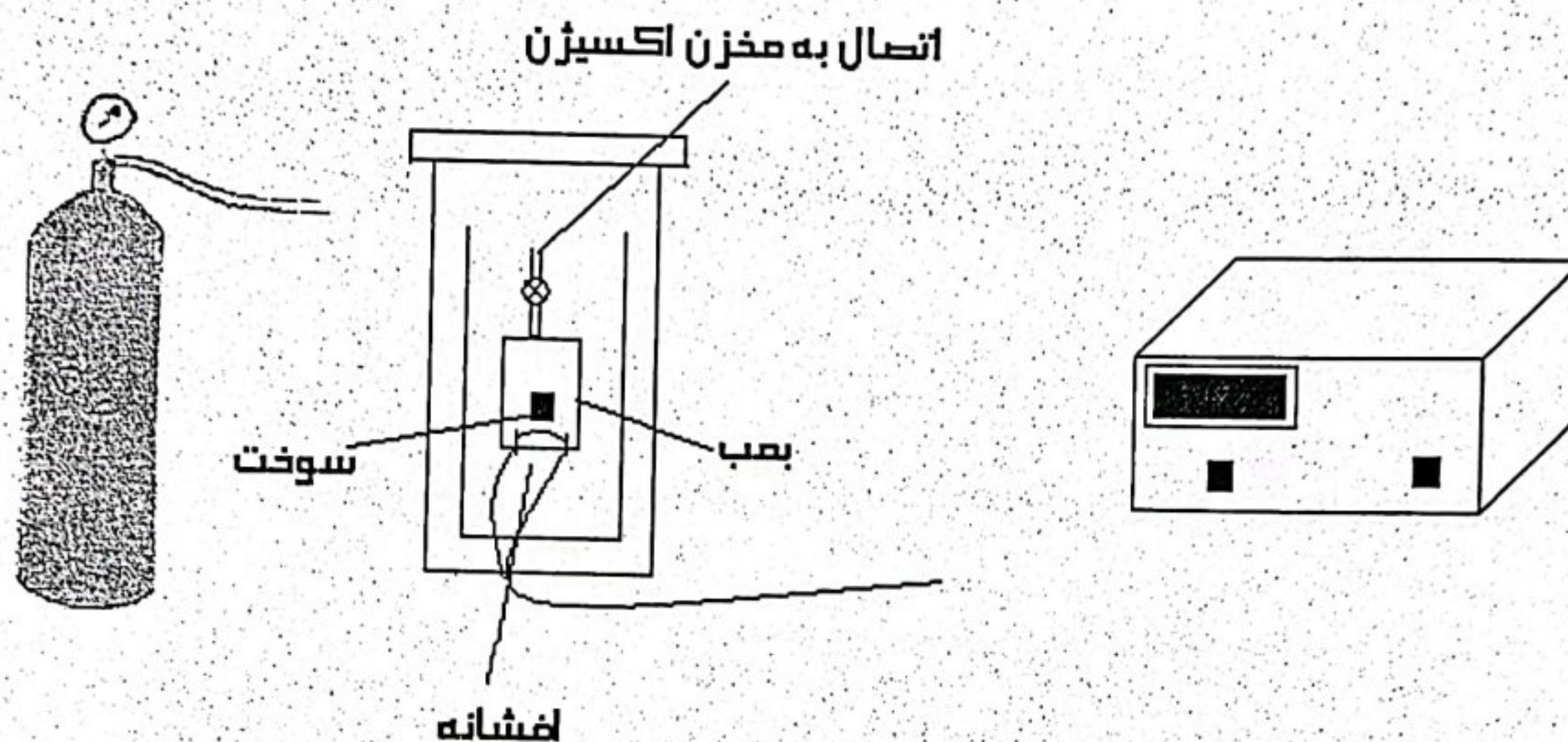
۷- محافظت از شیرها و واشرها

- بعد از هر آزمایش واشرها را کاملاً شستشو دهید تا بقایای محصولات احتراق زدوده شود.
- بعد از آزمایش واشر را از محل آن خارج نمایید تا خاصیت آن از بین نرود.

• شرح دستگاه:

پایه دستگاه میز کوچکی است که وسایل روی آن نصب می شوند.

- ۱- دستگاه دارای سوپاپی برای ورود اکسیژن می باشد.
- ۲- قسمت الکتریکی دستگاه شامل مدار جرقه می باشد. سیستم جرقه بوسیله سیم اتصال به زیر پایه کالریومتر متصل است. و با فشار دادن دکمه جرقه که روی برد دستگاه قرار دارد احتراق صورت می گیرد.
- ۳- یک محفظه که داخل آن آب ریخته می شود.
- ۴- یک سنسور دمایی نیز داخل مخزن آب قرار داده شده که دمای داخل آب را روی برد نشان می دهد.
- ۵- بمب



• روش آزمایش :

- ۱- مقدار معینی از سوخت مورد نظر را (۱۰ سی سی) به دقت وزن کنید و در داخل بوتله قرار دهید .
دقت کنید کالریمتر کاملاً به صورت قائم نگهداشته شود . تا سوخت از بوتله بیرون نریزد .
- ۲- سیم احتراق را طوری تنظیم کنید که مطمئن شوید جرقه نزدیک به سوخت زده می شود . سپس اتصال سیم را با میله های دو طرف بوتله با استفاده از دو عدد پیچ محکم کنید .
- ۳- اکنون بدنه را روی میز دستگاه در محل مخصوص خود (آچار تفلونی) قرار داده و بدنه و پایه را با دست روی هم قرار داده پیچانید . دقت کنید که مجموعه همواره به صورت قائم نگه داشته شود تا سوخت از بوتله بیرون نریزد .
- ۴- بمب را به کپسول اکسیژن متصل کنید و به آرامی شیر اکسیژن را باز کنید . این کار باید خیلی سریع انجام گیرد .

۵- چنانچه فشار اکسیژن بیش از حد لازم شد خیلی آرام شیر تخلیه را باز کنید تا فشار اضافی خارج

شود. پس از متعادل شدن فشار اکسیژن سوپاپ خروجی را محکم کنید تا مانع خروج گاز گردد.

۶- اکنون بمب را از اکسیژن جدا کرده آنرا داخل ظرف مربوطه قرار می دهیم دقت کنید که بمب

کاملاً در محل صحیح خود قرار گیرد.

۷- به اندازه ای آب مقطر در ظرف آب محتوی بمب بریزید که بمب در آب غوطه ور شود.

۸- ظرف محتوی بمب را داخل دستگاه قرار دهید.

۹- درب دستگاه را بگذارید.

۱۰- کلید جرقه را فشار دهید.

۱۱- حداقل ۳ دقیقه منتظر بمانید و سپس دمای آب را یادداشت نمایید.

۱۲- توسط کرنومتر هر ۳۰ ثانیه از زمان جرقه تغییرات دمای آب اطراف بمب را یادداشت کنید. این

کار را تا جایی ادامه دهید که تغییرات دما نسبت به زمان نزدیک به صفر شود و یا دمای آب

شروع به کم شدن کند.

• روش تعیین ارزش حرارتی سوختها :

خواسته ها : برای تعیین ارزش حرارتی سوخت به ترتیب زیر عمل کنید :

۱- برای توضیح بیشتر در مورد کارکرد مقادیر زیر را هنگام آزمایش یادداشت کنید :

وزن بوته b gr

وزن بوته و سوخت a gr

وزن سوخت c gr

وزن آب مقطر m_w

وزن بمب m_{BOMB}

b	a	c	m_w	m_{BOMB}

۲- مقادیر زیر را به ترتیب یادداشت کنید :

ΔT_1 : اختلاف درجه حرارت ماکزیمم و درجه حرارت آب قبل از شروع احتراق

ΔT_2 : تصحیح مربوط به تشعشع حرارت

برای تعیین ضریب تشعشع حرارت از فرمول تقریبی رینولدز - استفاده می شود .

ΔT_2 تصحیح تشعشع :

V_1

$$\Delta T_2 = n v' + \left(\frac{-v + v'}{2} \right)$$

در این رابطه

n : تعداد دقایق بین شروع احتراق و تحصیل دمای ماکزیمم

v' : متوسط مقدار افت درجه حرارت در آخر آزمایش (C°/min)

v : متوسط افزایش دما در شروع آزمایش تا شروع احتراق (C°/min)

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 = (\text{دمای شروع} - \text{دمای ماکزیمم}) + (\text{ضریب تصحیح حرارت})$$

$$Q = \text{حرارت جذب شده توسط آب کالریمتر} + \text{حرارت جذب شده توسط بمب}$$

$$Q_1 = \text{حرارت جذب شده توسط آب کالریمتر}$$

$$Q_2 = \text{حرارت جذب شده توسط بمب}$$

$$Q_1 = m_w C \Delta T_1$$

$$Q_2 = m_{BOMB} C_{STEEL} \Delta T_1$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$C_v = \frac{cal}{gr} \times \frac{Q}{\Delta T_1} \quad \text{یا} \quad \frac{kcal}{kg} \quad \text{یا} \quad \text{ارزش حرارتی}$$

$$\Delta T_1 \times \text{جرم سوخت}$$

پس از انجام آزمایش لازم است کارهای زیر انجام گیرد:

- ۱- واشر داخل بمب را با آب سرد بشوید تا از رسوب مواد حاصل از احتراق بر روی واشر جلوگیری گردد.
- ۲- واشرهای لاستیکی را در خارج از دستگاه نگهداری کنید.
- ۳- بمب را شسته و آنرا به دقت خشک کنید.

سئوالات:

- ۱- نمودار آزمایش را در محورهای زمان - درجه حرارت رسم کنید.
- ۲- خطاهای آزمایش چه مواردی می تواند باشد.
- ۳- محصولات احتراق را معرفی کنید.
- ۴- بر روی نتایج محاسبات و شرایط انجام آزمایش بحث کنید.

۵- معادل مکانیکی حرارت

مقدمه

قانون اول ترمودینامیک که در واقع فرم ترمودینامیکی اصل بقا انرژی است بیان می‌دارد که طی هر سیکل که سیستم طی می‌کند انتگرال سیکلی گرما با انتگرال سیکلی کار متناسب است. در این قانون هیچ محدودیتی برای جهت جریان کار و گرما وجود ندارد. از نظر قانون اول ترمودینامیک سیکلی که در آن مقدار معینی گرما از سیستم گرفته شده باشد و معادل همان مقدار کار روی سیستم صورت گرفته باشد و سیکلی که جریان کار و گرما در آن معکوس سیکل اول باشد هر دو صادق هستند اما عملاً مشاهده می‌شود سیکلهایی که قانون اول ترمودینامیک را نقض نمی‌کنند لزوماً قابل اجرانیز نیستند به عنوان مثال اگر در شکل زیر به گاز داخل ظرف توسط پروانه کار داده شود می‌توان از آن گرما گرفت در حالیکه اگر گرما به آن داده شود پروانه شروع به گردش نخواهد کرد.

برای تحقق بخشیدن به سیکلی که در آن گرما داده شود و کار گرفته شود از موتور حرارتی استفاده می‌شود که معمولاً راندمان پائینی نیز دارد در حالیکه تبدیل کار به گرما به سادگی در طبیعت صورت می‌گیرد و از راندمان بسیار بالاتری برخوردار است در این آزمایش قانون اول ترمودینامیک برای فرآیندی که در آن کار به گرما تبدیل می‌شود مورد بررسی قرار می‌گیرد گرمای مزبور به یک ظرف آب داخل آن منتقل شده و تغییر انرژی داخلی ظرف و آب داخل آن محاسبه می‌شود و با مقدار کار داده شده به سیستم مقایسه می‌شود.

شرح دستگاه

این دستگاه از یک کالریمتر برنجی که درون آن مقدار معینی آب ریخته می‌شود و توسط یک موتور الکتریکی گردانده می‌شود تشکیل شده است. نوار مخصوصی به دور کالریمتر پیچانده می‌شود که از دو طرف آن وزنه‌هایی

سئوالات

- ۱ - با توجه به $T\theta = W$ که در آن W کار، T گشتاور θ مقدار چرخش است و رابط ارائه شده برای کار را توضیح دهید؟
- ۲ - چگونه می توان از گرمای بدست آمده کار تولید کرد؟
- ۳ - علت جلادادن سطح کالریمتر چیست؟
- ۴ - با توجه به اعداد بدست آمده راندمان دستگاه را محاسبه کنید؟
- ۵ - منابع خطا و راههای رفع آنرا ذکر کنید
- ۶ - طرح دیگری برای انجام این آزمایش ارائه کنید.

۶- سیکل استرلینگ

حرارت جذب شده در طی انبساط ایزوترم ۵۵ : حرارت تولید شده در انقباض ایزوترم ۵۵
حرارت انتقال یافته در طول تراکم ایزوترم CD = حرارتی که به منبع
خارج منتقل میشود

حرارت دفع شده - حرارت تولید شده = کار انجام شده

کار انجام شده

$$100 \times \frac{\text{کار انجام شده}}{\text{حرارت دفع شده}}$$

حرارت ایجاد شده

به صورت برگشت پذیر بودن عملکرد بازیاب (Reversible) به دلیل استرلینگ
از نظر ترمودینامیکی برگشت پذیر است. کلیه سیکل‌های برگشت پذیر بین
دو دمای حداکثر و حداقل مشخص، راندمان یکسانی دارند.
این دستگاه بر اساس سیکلی نزدیک به سیکل استرلینگ عمل می‌کند. این موتور
دارای یک سیلندر اولیه است که در آن کار انجام می‌گیرد و پیستون آن
تحت کنترل میل‌لنگ عمودی و میل‌های رابط می‌باشد همچنین
دارای یک سیلندر ثانویه نیز می‌باشد. که در آن پیستون و بازیاب
تحت کنترل یک خروج از مرکز که روی میل‌لنگ انجام میشود می‌باشد
این دو سیلندر به یکدیگر راه دارند پیستون بازیاب نسبت به پیستون سیلندر
اصلی ۹۰ فاز اختلاف دارد بنابراین سرعت آن زمانیکه سرعت پیستون
اصلی حداقل است حداکثر می‌باشد از آنجائی که این موتور دارای یک سیلندر
کار می‌باشد چرخ‌طیار (Flywheel) آن سنگین ساخته شده است ولی
در سرعت‌های کم هم میتواند کار بکند حرارت توسط یک المینت ولتاژ
نمک در استهای سیلندر ثانویه قرار دارد. همچنین برای سرد کردن
هوا تا درجه ۲۱ گرما از طریق جداره‌های اصلی به محیط منتقل میشود
(هدایت حرارتی)

اصول کار

وقتی پیستون کار در نقطه مرگ بالا و پائین قرار دارد
بازیاب با سرعت حداکثر از میان سیال (هوا و یا سایر گازها) می‌گذرد
بنابراین عمل مبدل حرارتی منحصر به نقطه مرگ بالا و نقطه مرگ
پائین پیستون کار می‌شود.

ولتاژ دوسر المنت (ولت) $V =$ $P = VI = RI$ r قدرت و رودي

مقاومت المنت: $R = \frac{P}{I^2}$ یا $P = T.W$ قدرت خروجی $P_2 = N$

گشت اور $T = F \times R$ $N = (R.P.S)$ دور

$W = 2 \text{ N}$ سرعت اولیه این

$$\text{راندمان} = \frac{P_w}{P_e}$$

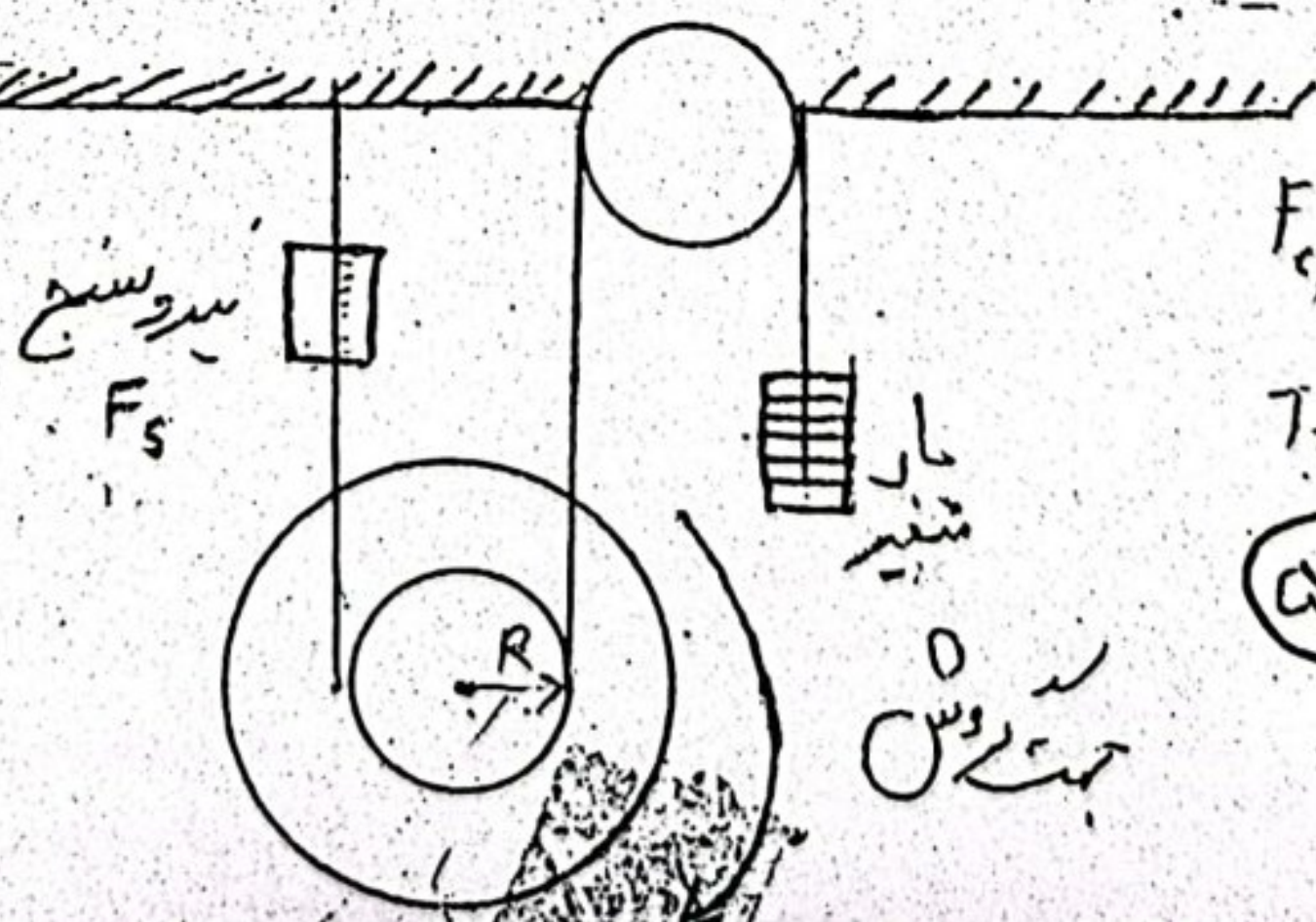
۷. آراسی خزانہ

۴۵) بار متغیرهای فردانی

دوره اخیر می خوانم

در این زمان بر آسرای مایه توفاری

کے لئے



$$F_{\text{eff}} = F - F_s$$

$$T = F_{\text{c}} \cdot R$$

QV

شکل (۳)