

معادله‌های حالت

مختصات ترمودینامیکی مختصات ماکروسکوپی هستند

حل معادله حالت برای حجم : $V = f(\theta, P)$

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial \theta} \right)_P d\theta + \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_\theta dP$$

ضریب انبساط حجمی

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial \theta} \right)_\theta$$

ضریب تراکم پذیری همدم

$$\kappa = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_\theta$$

بعد ضریب تراکم پذیری عکس فشار است

$$dW = VH dB$$

$$B = \mu_0 H + \mu_0 \frac{M}{V}$$

$$dW = V\mu_0 H dH + \mu_0 H dM$$

کار افزایش آهنربایش ماده

کار افزایش میدان مغناطیسی

$$W = \int_{M_i}^{M_f} \mu_0 H dM$$

کار تغییر مغناطش ماده

مثال ۲

جسم A و دیواره W با دمای ثابت $\square_A = 0.5 \square_W$ را در نظر بگیرید. اگر دمای دو برابر شود ولی دمای W ثابت بماند، انرژی تابیده از A به W چند برابر می شود؟

(الف) ۸ برابر می شود.

(ب) ۸/۱ برابر می شود.

(ج) ۱۶ برابر می شود.

(د) ۱۶/۱ برابر می شود.

معادله حالت یک گاز کامل

تعداد کل ضربه به دیواره برابر است با:

$$(I_x)_{total} = \frac{1}{2} \left(\frac{N}{V} \right) (A v_x dt) (2m v_x)$$
$$= \left(\frac{N}{V} \right) (m v_x^2) A dt$$

همچنین، ضربه به نیرو مرتبط می شود:

$$(I_x)_{total} = (F_x)_{average} dt$$

طبق تعریف، فشار برابر است با متوسط نیرو بر سطح

$$p = (F_x)_{average} / A$$
$$= \left(\frac{N}{V} \right) (m v_x^2)_{average}$$

بازده گرمایی ماشین دیزلی

	AB	BC	CD	DA
Q	0	$Q_H = nC_p \Delta T$	0	$nC_v \Delta T$
ΔU	$nC_v \Delta T$	$nC_v \Delta T$	$nC_v \Delta T$	Q
W	$-\Delta U$	$Q - \Delta U$	$-\Delta U$	0

	A	B	C	D
p	P_A	$pV = nRT$	$p_C = p_B$	$pV = nRT$
V	V_A	$r_C V_B = V_A$	$pV = nRT$	$V_D = V_A (= r_E V_C)$
T	T_A	$T_A V_A^\gamma = T_B V_B^\gamma$	$Q_H = nC_p \Delta T$	$T_C V_C^\gamma = T_D V_D^\gamma$

تمرین: بازده گرمایی را در یک چرخه دیزلی محاسبه کنید.

فصل هشتم

آنتروپی

مساله ۱

نشان دهید برای گازی که از معادله وان دروالس پیروی می کند و ظرفیت گرمایی c_v آن فقط تابعی از دما باشد، در آن معادله فرایند بی دررو به صورت زیر می شود:

$$T(v - b)^{R/c_v} = \text{constant}$$

معادله حالت

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$$

مثال: سیستم نوسانگر هارمونیک

روش اول:

یک سیستم شامل N نوسانگر هارمونیک مستقل یک بعدی را در نظر بگیرید. فرض کنید فرکانس تمامی یکسان باشد (**رفتار کلاسیکی**). هامیلتونین یکی از آنها برابر است با:

$$H(q_i, p_i) = \frac{1}{2} M \omega^2 q_i^2 + \frac{1}{2M} p_i^2$$

البته اندیس i از 1 تا N می رود. تابع افراز برای یکی از آنها

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{1}{h} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left\{ -\beta \left(\frac{1}{2} M \omega^2 q^2 + \frac{1}{2M} p^2 \right) \right\} dq dp = \\ &= \frac{1}{h} \left(\frac{2\pi}{\beta M \omega^2} \right)^{1/2} \left(\frac{2\pi M}{\beta} \right)^{1/2} = \frac{1}{\beta \hbar \omega} \end{aligned}$$

$$\hbar = h / 2\pi$$