

Subject : 1

Date :

شیمی فیزیک

David Gaskell 1

مراجع:

Introduction to thermodynamics of material اصل

kubachowski : materials thermochemistry طرز

physical chemistry book ...

موضوع علم شیمی فیزیک : رابطه بین کمالات شیمیایی و پدیده های فیزیکی

در شاخه های شیمی فیزیک : اتم پروری خواص و حالات ماده (ماده : هر چیزی که حجم اشغال کند)

(در اینجا طرز را مورد بررسی قرار نمی دهیم)

۱- ترمودینامیک : (بررسی حالات تعادل ، تعادل شیمیایی ، فیزیکی ، بیوشیمی)

رأی ، تعادل مکانیکی ، ...)

۲- سینتیک : (در خارج از تعادل مکانیکی تعادل خود به خودی ای که خود

سرعت ای که کمالات ...)

۳- انتقال شیمی : (ارتباط بین کمالات و کمالات شیمیایی بررسی خواص)

۴- فیزیک شیمی : رابطه بین ترمودینامیک و شیمیایی

۵- شیمی سطح : خصوصیات شیمیایی سطح مواد با یکدیگر متفاوت

می باشد و خواص آنها

خواص های اصلی اینها در کنار هم قرار می گیرند و اینها خواص دارند

بررسی خواص و حالات طرزها :

طرز حالت از ماده است به معنی متحرک مشخص ابعاد ندارد و حجم متغیر است و به

دانه های آن تجربی طرزهای ایستاد :

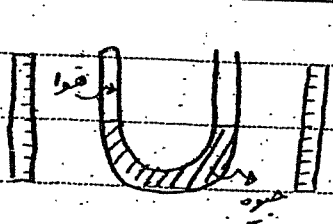
خواص طرز : مقدار m ، حجم V ، فشار p ، درجه T

رابطه ای بین حجم و فشار و دما ؟ در حالت تعادل

DATA BANK

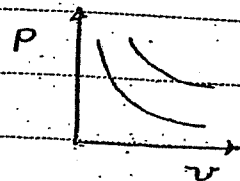
Subject :

Date :

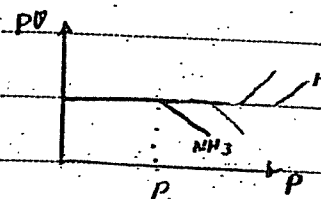


تفاوت سطح مایع

Δh			
P	P_1	P_2	P_3
V	V_1	V_2	V_3



$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 \quad \rightarrow \quad PV = K, \quad K = f(T, m)$$

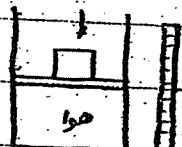


لایه: آید در همی فشارها (فشارهای بالا تر) هم این قانون برقرار است؟
فشارهای بالا تر از قانون بویل پیروی نمی کنند.

فرضه که گازهای ایده آل (طویل) ،
که گازهای ایده آل گازها است به طور کامل (در هر فشار و در هر حجم) از قانون بویل تبعیت کنند.

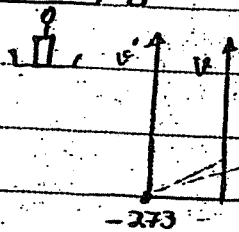
و گازهای ایده آل ، بعضی از گازها در کمبوده ای از فشار بر مقدار ایده آل دارند از قانون بویل پیروی می کنند.

قانون اویگن (چارلز) : دما و حجم یک گاز در فشار ثابت و جرم آن تغییر نمی کند.



V	V_1	V_2	V_3
T	T_1	T_2	T_3

بالتر از دما و حجم افزایش می یابد.



$$V = V_0 + \alpha V_0 \Delta T$$

$$K = t + 273$$

تفاوت از فشارها به طور معکوس است.

در فشارهای مختلف اعداد خطوط همگرا در یک نقطه (نمای ۲۷۳) قطع می کنند.

تفاوت از دما و حجم را برای ۲۷۳ - قرار داد در این صورت تمام نمودارها از مبدأ مختصات می گذرند.

قانون اویگن $\rightarrow PV = K, \quad K = f(P, m)$: معادله حالت

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

* گاز ایده آل دارای مولکول‌های غیر پیوسته است و در تمام مایع می‌شود

* بازی گرم رقیق ایده آل دارد = زردار رقیق ایده آل خارج می‌شود = زرد مایع می‌شوند = مولکول رقیق = پیوسته

Subject : 2

Date :

* این آرایش‌ها و هم‌طورها برای قانون اول ترمودینامیک پیروی می‌کنند؟

غیر از هم‌طورها در یک دور دایره‌ای می‌تواند از هم‌طورها رقیق ایده آل دارند

کارهایی که زرد در از رقیق ایده آل خارج می‌شوند کارهایی که زرد مایع می‌شوند

در یک دور دایره‌ای می‌تواند از هم‌طورها رقیق ایده آل دارند

کارهایی که زرد در از رقیق ایده آل دارند کارهایی که زرد مایع می‌شوند

* گاز ایده آل : ۱. پیوسته بودن مولکولی آنها بسیار ضعیف باشد (نزدیک به صفر)

۲. اندازه‌های اتم‌های آن در مقایسه با فضای بین مولکولی یا اتم‌ها بسیار کوچک باشد

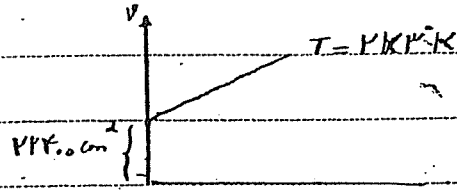
گازی ایده آل است که حجم مولکول‌های آن در مقایسه با حجم ظرف بسیار ناچیز باشد

در دماهای بالا انرژی جنبشی مولکول‌ها بسیار بیشتر از انرژی پیوستگی آنها می‌باشد

خواهش : ۱. انرژی بین مولکولی در مقایسه با انرژی جنبشی بسیار ناچیز است

قانون آوگادرو :

در دما و فشار استاندارد حجم یک مول از هر گاز یکسان است (بیشتر در یک مول از هر گاز در دما و فشار استاندارد یکسان است)



شرایط استاندارد STP : دما و فشار ۱ atm

این است

$(P, V, T)_T$ بول

$f(P, V, T) = ?$

$(V, T)_P$ بول

$V = f(P, T) ?$

$$V = kT \Rightarrow V = k = \frac{V}{T}$$

$(P, V, T) ?$

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T dP + \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dT$$

این از قانون اول ترمودینامیک

$$PV = KT = \frac{Jv}{V} = \frac{Jp}{P} + \frac{J}{T}$$

$$V = \frac{K}{P} \Rightarrow V = \frac{K}{P} = \frac{PV}{P^2} = \frac{V}{P} \Rightarrow \ln V + \ln P = \ln T + \ln c \Rightarrow \ln PV = \ln cT \Rightarrow PV = cT$$

DATA BANK

$$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$$

$$1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}, \text{ Pa} = \text{N/m}^2$$

Subject:

Date:

طبق قانون بویل

$$(pV = K)_T \rightarrow V = \frac{K}{P}, \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T = -\frac{V}{P}$$

طبق قانون چارلز

$$(V = KT)_P \rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \frac{V}{T}$$

$$dV = -\frac{V}{P} dP + \frac{V}{T} dT \rightarrow \frac{dV}{V} = -\frac{dP}{P} + \frac{dT}{T}$$

$$\ln V = -\ln P + \ln T + \ln C$$

$$PM = PRT$$

$$PV = CT$$

اگر مقدار گاز n فرض کنیم

$$(PV = nRT)$$

$$C = nR$$

$$R = 0.082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$\frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 101.325 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

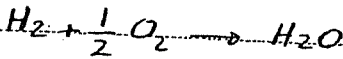
$$\frac{1 \text{ cal}}{4.184 \text{ J}} = 1.98 \text{ cal/mol} \cdot \text{K}$$

$$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$\frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 101325 \frac{\text{Pa}}{1 \text{ atm}} \times \frac{1 \text{ N/m}^2}{1 \text{ Pa}} \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 101.325 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$= 101.325 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

مثال: نشان دهید که R از جنبه انرژی است و واحد آن J/mol.K است. فرض کنید 1 mol گاز در دما 0°C و فشار 1 atm در یک سیلندر قرار دارد. انرژی جنبه این گاز را محاسبه کنید.



$$n_{\text{H}_2} = n_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$PV = nRT \rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{1 \text{ atm} \times 9 \text{ L}}{0.082 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K} \times 298 \text{ K}}$$

$$= 0.37 \text{ mol}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0.37 \times 18$$

این قانون را می‌توانیم برای گازها و بخارها به کار ببریم. اما برای محاسبه فشار بخار باید از داده‌های تجربی استفاده کنیم. مثلاً فشار بخار آب در دما 0°C چقدر است؟

پایه: این قانون را می‌توانیم برای گازها و بخارها به کار ببریم. اما برای محاسبه فشار بخار باید از داده‌های تجربی استفاده کنیم. مثلاً فشار بخار آب در دما 0°C چقدر است؟

پایه: این قانون را می‌توانیم برای گازها و بخارها به کار ببریم. اما برای محاسبه فشار بخار باید از داده‌های تجربی استفاده کنیم. مثلاً فشار بخار آب در دما 0°C چقدر است؟

از فشار کل گازها:

اگر قانون دالتون: ابتدا فشار جزئی (partial pressure) را تعیین می‌کنیم.

فشار جزئی یک گاز در یک مخلوط گازها با توجه به فشار کل P و درصد T عبارت است از: $P_i = P \times T_i$

در مثال بالا، فشار جزئی گاز H2 را محاسبه کنید.

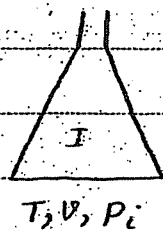
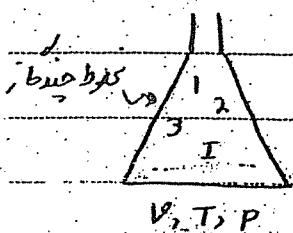
* قانون دالتون در حجم ثابت نگه‌داری دارد

$$V = cte \quad P_t = \sum P_i$$
 * قانون آماگات در فشار ثابت نگه‌داری دارد

$$P = cte \quad V_t = \sum V_i$$

Subject : 3

Date : _____



دالتون : $P_g = \sum P_i$

قانون دالتون :
 فشار کل یک مخلوط گازی برابر است با مجموع فشارهای
 جزئی اجزای آن مخلوط

$P_1 V = n_1 R T, P_2 V = n_2 R T$

تقریب : با قبول معادله گازهای ایده‌آل قانون دالتون را ثابت کنید. ($PV = nRT$ در حالت ایده‌آل)

$PV = \left(\frac{P_1 V}{RT} + \frac{P_2 V}{RT} \right) RT \rightarrow P = P_1 + P_2$

۲- قانون آمگاگات (partial volume) حجم‌های جزئی

یعنی حجم جزئی یک گاز در مخلوط گازی : حجم جزئی یک گاز در یک مخلوط گازی عبارت است از حجم آن گاز در آن فشار و دما.

$V_t = \sum V_i$

طبق قانون آمگاگات : حجم یک مخلوط گازی برابر مجموع حجم‌های جزئی اجزای آن مخلوط

تقریب : با قبول معادله گازهای ایده‌آل قانون آمگاگات را اثبات کنید. (مشابه سوال ۱)

مول جزئی یا کسر مولی (mole Fraction) $X_i = n_i / n_t$

معمولاً فریزش :
 نشان دهنده این است که چه کسری از فشار یا حجم مربوط به آن گاز می‌شود. به راحتی معلوم می‌شود.

(استاندارد است و از معادله حالت) $\frac{n_i}{n_t} = \frac{P_i}{P_t} = \frac{V_i}{V_t} \rightarrow P_i = X_i P_t$

$V_i = X_i V_t$

مثال : یک مخلوط گازی شامل ۱ mol اکسیژن، ۳ mol هیدروژن و ۲ mol نیتروژن است. این مخلوط در دمای ۲۷۳ K و در فشار ۱۰۱۳۲۵ Pa قرار دارد. فشارهای جزئی هر یک از گازها را محاسبه کنید. (فرض کنید که گازها در مخلوط ایده‌آل رفتار می‌کنند و با هم واکنش نمی‌دهند.)

* دسی در $T = 273^\circ$ و $V = 22.4$ قرار داریم تعداد مول ها ثابت و کل را بر حسب atm خواهد داد

Subject :

Date :

تأثیر گازهای ابردهال بر کل : $P_t = \frac{n_t RT}{V_t} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 8.314 \times 273}{22.4} = 2 \text{ atm}$

$X_{O_2} = \frac{1}{4}$, $X_{H_2} = \frac{3}{4}$, $X_{N_2} = \frac{1}{4}$, $P_{O_2} = \frac{1}{4} \times 2 = 1$,
 $V_{O_2} = \frac{1}{4} \times 22.4 = \dots$

قانون گراهام :

تغیر مولی که از حلاله تراوا

سرعت نفوذ مولی که گاز از حلاله تراوا (متخلخل) باشد بر آن گاز نسبت مستقیم در حجم مولی
 گاز نیست عکس دارد

$R_i = \frac{P_i}{\sqrt{M_i}} K$ K ثابتی است که تابع دما و حسی را برآورد است

$R_i = P_i \sqrt{\frac{T_i}{M_i}} K'$ 2. بزرگی نیروی برقرار گازهای ابردهال

نیروی حسی مولی گازها :

فرضیات : 1. هر گاز از تعداد بسیار زیاد ذرات به نام مولی تشکیل شده است

2. این ذرات با هم در تماس با فضای بین آنها و با جدار استوانه ای که در آن
 از حجم مولی ها در مقابل یک گاز قرار می گیرند

3. ذرات یا مولی های گاز دائماً در حرکت هستند و جهت حرکت آنها کاملاً تصادفی و اتفاقی

است و انرژی مولی ها از نوع انرژی جنبشی است

4. هیچ نیروی بین مولی ها وجود ندارد یا بسیار بسیار ضعیف است (در محاسبات اینرسی)

جنبشی

5. برخورد مولی ها با یکدیگر و با جدار ظرف از نوع برخورد الاستیک است (یعنی انرژی جنبشی

قبل و بعد از برخورد تغییر نمی کند)

6. فشار گاز ناشی از برخورد مولی های با جدار ظرف است

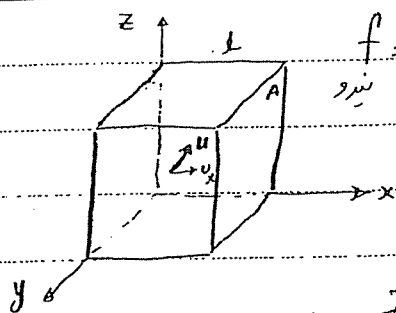
7. انرژی جنبشی مولی های گاز متناسب با دمای مطلق آن است

$E_k \propto T = \frac{3}{2} RT$ (برای اصل) $E_k = \frac{3}{2} k T$ (برای یک مول)

انرژی جنبشی

$K = \frac{R}{Na}$

DATO BANK



$$f = \left| \frac{\delta m u}{\delta t} \right|$$

تولید دین (برای یک ذره)

$$F_x = \frac{dm u_x}{dt} = \frac{dm du_x}{dt}$$

$$m u_x = \text{مقدار حرکت در راستای x} \quad m u_x = \text{مقدار حرکت در راستای x}$$

$$F_x = (2 m u_x) \times (\text{تعداد برخورد در ثانیه}) = \text{تغییر مقدار حرکت در ثانیه}$$

$$\text{تعداد برخورد در ثانیه} = \frac{u_x}{2L}$$

$$F_x = \frac{m u_x^2}{L}$$

$$P = \frac{F_x}{A}$$

$$P = \frac{m u_x^2}{V}$$

$$P_{\text{کل}} = \frac{\sum_{i=1}^N m u_{ix}^2}{V} = \frac{m}{V} \sum_{i=1}^N u_{ix}^2$$

$$\bar{u}_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ix}^2}{N}$$

$$\text{RMS سرعت} = \sqrt{\bar{u}_x^2}$$

$$P_{\text{کل}} = \frac{N m \bar{u}_x^2}{V}$$

التماس در تمام جهات یکسان است

$$\bar{u}_x^2 = \bar{u}_y^2 = \bar{u}_z^2$$

$$\bar{u}^2 = \bar{u}_x^2 + \bar{u}_y^2 + \bar{u}_z^2 = 3\bar{u}_x^2 = 3\bar{u}_y^2 = 3\bar{u}_z^2$$

$$\bar{u}_x^2 = \frac{\bar{u}^2}{3} \quad \text{و لذا} \quad P = \frac{N m \bar{u}^2}{3V}$$

$$P = \frac{2}{3} \frac{N \bar{E}_k}{V} \quad \bar{E}_k = \frac{1}{2} m \bar{u}^2 \quad \bar{u}^2 = \frac{2 \bar{E}_k}{m} \quad P = \frac{2 N \bar{E}_k}{3V}$$

$$P V = \frac{2}{3} N \bar{E}_k \quad \bar{E}_k = \frac{1}{2} m \bar{u}^2$$

$$P V = \frac{2}{3} N \bar{E}_k \quad \bar{E}_k \propto T = \frac{3}{2} k T \quad N_A k = R$$

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} R T$$

انرژی جنبشی

عدد آووگادرو N_A

$$P V = N k T \quad n = \frac{N}{N_A} \quad P = n N_A k T = n R T$$

(در N ذره)

$$T = \frac{2}{3} \frac{P V}{N}$$

سرعت متوسط حرکت مولکولهای متحرک در هر جهت است

داده R و M و ρ و T و P

DATA BANK

$$u_{rms} = \sqrt{\bar{u}^2} \quad \bar{E}_k = \frac{3}{2} R T$$

www.iran-mavad.com

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} R T \Rightarrow \bar{E}_k = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} \times \frac{1}{2} \frac{M}{N_A} T \Rightarrow \bar{u}^2 = \frac{3 R T}{M} = \frac{3 R T}{M}$$

$$R = N_A k \rightarrow n = R / N_A = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \times \frac{1}{6.023 \times 10^{23}} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J}$$

$$E_k = \frac{3}{2} kT \quad (\text{برای یک ذره}) \quad E_k = \frac{3}{2} RT \quad (\text{برای یک مول}) \quad E_k = \frac{1}{2} m \bar{u}^2$$

Subject:

Date:

تمرین: مقدار عددی k و مقدار متوسط انرژی جنبشی یک مول گاز را در دمای 10°C حساب کنید همچنین سرعت مولکولی گاز $(u_{rms} = \sqrt{\bar{u}^2})$ را بدست آورید.

تعریف: بررسی تئوری ظرفیت حرارتی اجسام:

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad (\text{ضریب انبساط حرارتی})$$

$$\beta = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \quad (\text{ضریب تراکم})$$

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{q}{\Delta T} \quad (q: \text{تبادل انرژی گرمایی})$$

ظرفیت حرارتی در فشار ثابت

$$C_P = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{q_P}{\Delta T} \quad C_V = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{q_V}{\Delta T}$$

$$q_P = \Delta E_k + W \quad E_k = \frac{3}{2} RT$$

$$\Delta E_k = \frac{3}{2} R \Delta T = q$$

تمرین: محاسبه C_P و C_V را برای گاز ایده آل یک اتمی انجام دهید.

$$C_V = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\frac{3}{2} R \Delta T}{\Delta T} = \frac{3}{2} R$$

تمرین: رابطه دایره کار را از حرکت مولکولی آن بدست آورید. فردی گاز را از حالت A به B تغییر می‌دهد.

$$q_P = \Delta E_k + W, \quad W = F \Delta x, \quad P = F/A \rightarrow W = P \Delta x = P \Delta V$$

$$P \Delta V = R \Delta T \rightarrow P \Delta V = R \Delta T = W$$

تغییر غیر ایده آل کارها:

$$C_P = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\frac{3}{2} R \Delta T + R \Delta T}{\Delta T} = \frac{5}{2} R$$

انحراف از حالت ایده آل: ۱. انحراف ظاهری

۲. انحراف واقعی

اگر در اثر فشار تغییر کند مثلاً $O_2 \rightarrow O_3$ اینها NRT را برقرار نمی‌کند. خواص و انحراف ظاهری

داریم به خاطر نیروی جاذبه بین مولکولها نیست.

و یا ممکن است گاز به مایع تبدیل شود و از این صورت هم انحراف ظاهری داریم.

در انحراف ظاهری NRT برقرار نیست به مقدار ایده آل هیچ شبیه است اما در انحراف واقعی در حد کم تفاوت دارد.

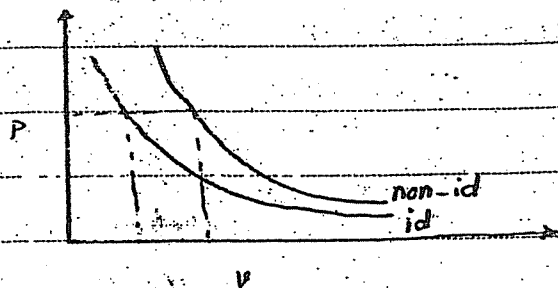
وجود دارد.

در فشارهای کم و حجم زیاد و بعضی هم نزدیک به گازهای غیر ایده آل تفاوت‌های کم پیدا می‌کند.

ایده آل داریم.

Subject : 5

Date : _____



الفشار به حجم به صورت معکوس می‌تواند از طریق این رابطه بیان شود

$$PV = RT$$

$$V_{id} = \frac{RT}{P}$$

از حجم محاسب می‌شود

طرح‌های ایده‌آل صرفاً به منظور رسم (چرا؟)

اما در گازهای غیرایده‌آل وقتی فشار را به هم می‌زنیم در طول حجم محاسب می‌توانیم از آن استفاده کنیم

آیا در آن انحراف از حالت ایده‌آل را می‌توان تعیین کرد؟

فشار واقعی

$$Z = \frac{PV}{RT} \quad (\text{ضریب})$$

معامله انحراف از حالت ایده‌آل

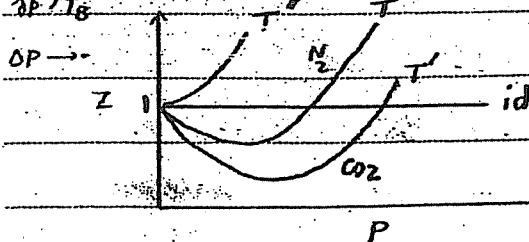
حالت ایده‌آل

هرچه قدر نسبت از واقعیت فاصله داشته باشد از حالت ایده‌آل انحراف بیشتری

$$Z = \frac{PV}{RT} \quad (P, V \text{ واقعی هستند})$$

خواه داشته باشد

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial P} \right)_{T, n} = 0$$



این هرکاری از این تعیین می‌شود که به خود

مادار

۱- شکل محاسب می‌شود و ضریب ضریب را می‌توان از آن

تولید می‌شود و غیرایده‌آل طرح‌ها (چون نمی‌توانیم به راحتی نسبت را تعیین کنیم) F_{id} (برای گازها)

معادله ویریا

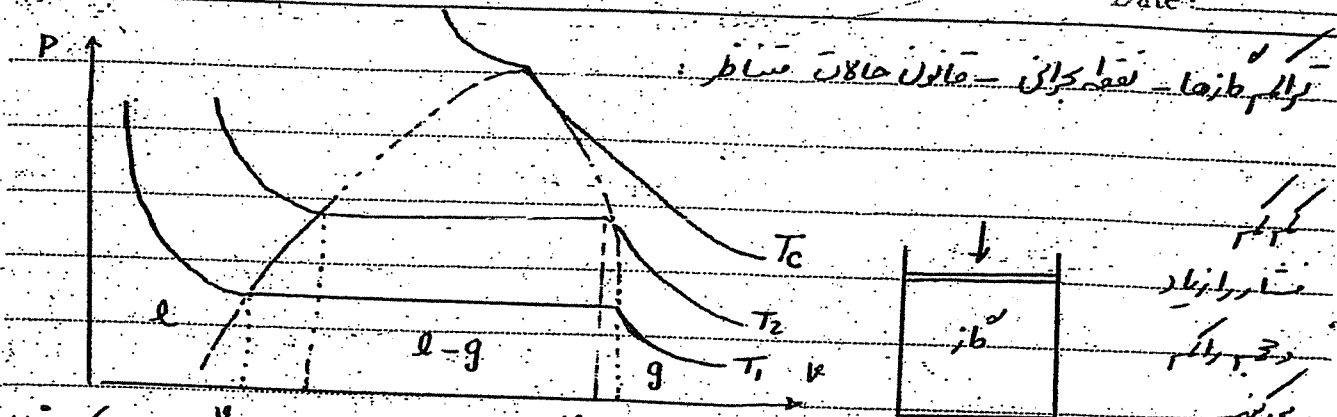
$$Z = \frac{PV}{RT} = 1 + B_P P + C_P P^2 + D_P P^3 + \dots$$

$$Z = \frac{PV}{RT} = 1 + \frac{B_V}{V} + \frac{C_V}{V^2} + \frac{D_V}{V^3} + \dots$$

ضرایب B, C, D (بزرگ) و B, C, D (کوچک) به دما بستگی دارند

Subject :

Date :



در این نمودار، منحنی فشار-حجم را می‌بینیم. در دماهای بالاتر از دمای بحرانی، منحنی یک‌فاز است. در دماهای پایین‌تر از دمای بحرانی، منحنی دارای بخش دوفازی است. در دماهای پایین‌تر از دمای بحرانی، منحنی دارای بخش دوفازی است. در دماهای پایین‌تر از دمای بحرانی، منحنی دارای بخش دوفازی است.

این نمودار برای بررسی تغییرات دما و فشار در فرآیندهای مختلف استفاده می‌شود. در دماهای بالاتر از دمای بحرانی، منحنی یک‌فاز است. در دماهای پایین‌تر از دمای بحرانی، منحنی دارای بخش دوفازی است.

این نمودار برای بررسی تغییرات دما و فشار در فرآیندهای مختلف استفاده می‌شود. در دماهای بالاتر از دمای بحرانی، منحنی یک‌فاز است. در دماهای پایین‌تر از دمای بحرانی، منحنی دارای بخش دوفازی است.

این نمودار برای بررسی تغییرات دما و فشار در فرآیندهای مختلف استفاده می‌شود. در دماهای بالاتر از دمای بحرانی، منحنی یک‌فاز است. در دماهای پایین‌تر از دمای بحرانی، منحنی دارای بخش دوفازی است.

این نمودار برای بررسی تغییرات دما و فشار در فرآیندهای مختلف استفاده می‌شود. در دماهای بالاتر از دمای بحرانی، منحنی یک‌فاز است. در دماهای پایین‌تر از دمای بحرانی، منحنی دارای بخش دوفازی است.

این نمودار برای بررسی تغییرات دما و فشار در فرآیندهای مختلف استفاده می‌شود. در دماهای بالاتر از دمای بحرانی، منحنی یک‌فاز است. در دماهای پایین‌تر از دمای بحرانی، منحنی دارای بخش دوفازی است.

* b به اندازه مولکول‌ها تکی دارد در فشارهای بالا / خود خواص ذاتی گاز است / در تمام دماها یکسان است

Subject : 6

Date : _____

با رابطه‌های حالت : $P_R = \frac{P}{P_c}$ $V_R = \frac{V}{V_c}$ $T_R = \frac{T}{T_c}$ (نیز بالا نرفته)

چنانچه رفتار گازها بر حسب پارامترهای حالت مطابق با رفتارهای مختلف با یکدیگر قابل مقایسه خواهند بود.

تئوری آنتالپی غیر ایده‌آل گازها = معادله‌ی واندر والس

$$pV_d = nRT$$

* در این معادله حجم ذره در محاسبه با حجم گاز ناچیز در نظر گرفته شده است

(۱) اصلاح فاکتور حجم : $V = V_d + V'$

(۲) اصلاح فاکتور فشار : $V_d = V - V'$, $V' = nb$ (باز هم در نظر گرفته شده است)

آن حجم نیست برای حرکت آزاد مولکول‌ها در حجم ظرف در نظر گرفته می‌شود
و آن حجم که در اختیارش نیست را V' می‌نامیم (مولکول درشت‌تر، b بزرگ‌تر)

$$p(V - nb) = nRT$$

* البته شد گازها مولکول‌ها جاذبه دراندازی نیست به هم ندارند

(۳) اصلاح فاکتور فشار :

الگوی گازها آزادانه به طرف برخورد نیستند تعداد برخوردها بیشتر از این خواهد بود به نیروی جاذبه دراندازی که دارند بر آنها اثر می‌کند.

بین فشار واقعی از فشار ایده‌آل کمتر خواهد شد
 $P_{\text{واقعی}} = P_d - p'$ $\rightarrow P_d = P + p'$

$$(P + p')(V - nb) = nRT$$

هرچه مولکول‌ها واحد حجم بیشتر باشد احتمال اینکه جاذبه با هم داشته باشند

مشود افزایش می‌یابد $p' \propto \frac{n}{V}$, دانسیته مولکولی $p' \propto$

اثر توقف یک اثر دو طرفه است. هم مولکول با a با توقف

کرد و هم a با a پس $p' \propto \left(\frac{n}{V}\right)^2 \rightarrow p' = a \frac{n^2}{V^2}$

a فرضی است که به مقدار نیروی جاذبه گاز

تکی دارد. نیروی جاذبه بالا a بالا :

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

معادله واندر والس

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$$

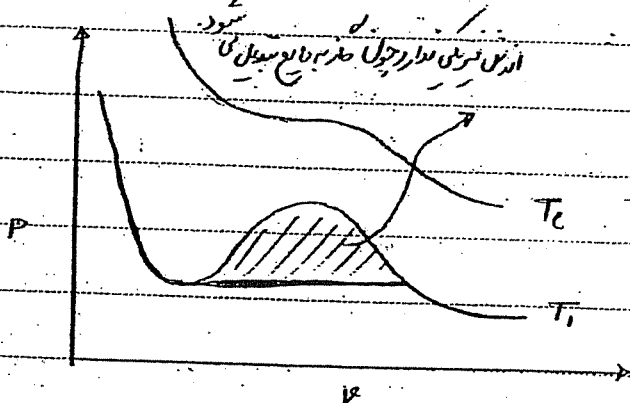
Subject :

Date :

ایستادن V_a	واندر والی V_c	بکی V_b	P	گاز CO_2 در دمای $320K$
26.3	26.2	26.2	1	
2.63	2.53	2.52	10	در فشارهای کم گاز رفتار ایده آل دارد
0.66	0.55	0.54	40	با افزایش فشار دما از واقع V_a
0.26	0.1	0.098	100	فاصله خود را کم می کند در حالتی که از دما به دما واندر والی با دما بالا می شود مقدار گاز را بیشتر می برد

a و b جز مشخصه های دایک است

ارتباط بین مشخصات بحرانی با پارامترها معادله واندروالس



معادله واندروالس به ازای دمای بحرانی دارای

نقطه ای عطف است

$$\text{at } cr. po. \quad \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_{T_c} = 0$$

$$\left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_{T_c} = 0$$

$$V_c = 3b$$

$$P_c = \frac{a}{27b^2}$$

$$T_c = \frac{8a}{27bR}$$

$$a = 3P_c V_c^2$$

$$b = 1/3 V_c$$

مشق اول معادله را مساوی صفر قرار می دهیم

همینا دمای بحرانی در معادله واندروالس صدق می کند

برای به دست آوردن معادله واندروالس با پارامترهای بحرانی را به دست آوریم

$$P_c = \frac{RT_c}{(V_c - b)} - \frac{a}{V_c^2}$$

$$V_c = 3b \rightarrow \frac{RT_c}{4b^2} = \frac{2a}{27b^3} \rightarrow T_c = \dots$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_{T_c} = \frac{-RT_c}{(V_c - b)^2} + \frac{2a}{V_c^3} = 0 \rightarrow \frac{RT_c}{(V_c - b)^2} = \frac{2a}{V_c^3}$$

$$\left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_{T_c} = \frac{2RT_c}{(V_c - b)^3} - \frac{6a}{V_c^4} = 0 \rightarrow \frac{RT_c}{(V_c - b)^3} = \frac{3a}{V_c^4}$$

DATA BANK

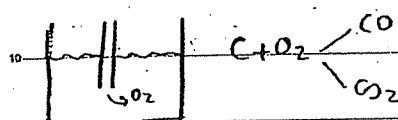
برای - به دلیل سبکی گاز آرگون در دمای محیط کارایی کم و مستعد انفجار است. ترجیح می دهیم گاز داخل سیلندر این آلک باشد یا غیر آلک؟

معادله ایستادگی: $(pv) = nRT$

$n_{id} > n_R$

$(p + a \frac{n^2}{v^2})(v - nb) = nRT$

پس - آلک از منظر دمای جوش با آلک آرگون است. می خواهیم با دمای آرگون به داخل آل (آلک) و سوزاندن آلک مقدار آن را تا ۱۵٪ کاهش دهیم. چقدر وزن آلک ۵۰ kg در دمای آل ۱۲۰۰ K باشد. چقدر گاز از داخل تنگ خارج میشود.



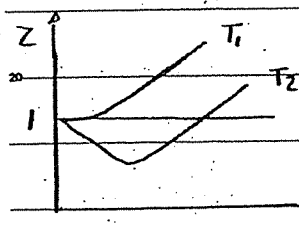
با توجه به جرم مولی مسئله به ما حداقل در داخل آن گاز باید اید کم شود.

$50000 \times 0.05\% = 25 \text{ g}$ خفیه $\frac{25 \text{ g}}{12 \text{ g}} = 2 \text{ mol}$ گاز $pv = nRT$

$v = \frac{2 \times 0.082 \times 1200}{1 \text{ atm}} = 196.8 \text{ lit}$

با آلک آرگونی آلک (دیده شود) برای حجم ظرف در مقابل حجم گاز خارج شده به بیرون است. گاز از داخل تنگ از طرف خارج شود.

$Z = \frac{pv}{RT}$



$$\left(\frac{\partial Z}{\partial p} \right)_{T_B} = 0$$

$$p \rightarrow 0$$

در نقطه آغازین ضربه شود آلک دمای بالای بویل است.

$Z = \frac{pv}{RT} = 1 + B_p p + C_p p^2 + \dots$

$\left(\frac{\partial Z}{\partial p} \right) = 0 \rightarrow B_p + 2C_p p + \dots = 0 \rightarrow B_p = 0$

B_p	+	+	+	✓	-
T	100	200	300	T_B	400

در حالتی بین ۳۰۰ K و ۴۰۰ K B_p ضربه ده

تمرین - ردای بویل را بر حسب فشار و دما برای گاز واندروالس و بر حسب دمای بحرانی و دمای بویل برای گاز واندروالس

$$\left(p + a \frac{n^2}{v^2}\right)(v - nb) = nRT, \quad n=1 \rightarrow pv = pb + \frac{a}{v} - \frac{ab}{v^2} = RT$$

$$\div RT \rightarrow Z = \frac{pv}{RT} = 1 + \frac{pb}{RT} - \frac{a}{vRT} + \frac{ab}{v^2RT}$$

$$v = \frac{RT}{p} \rightarrow Z = 1 + \frac{pb}{RT} - \frac{ap}{(RT)^2} + \frac{p^2 ab}{(RT)^3}$$

$$\frac{dz}{dp} = \frac{b}{RT} - \frac{a}{(RT)^2} + \frac{2abp}{(RT)^3} \rightarrow \frac{dz}{dp} = 0 \rightarrow \frac{b}{RT_B} = \frac{a}{(RT_B)^2}$$

$$p \rightarrow 0$$

$$\rightarrow T_B = \frac{a}{bR}, \quad T_C = \frac{8a}{27bR} \rightarrow T_B = \frac{27}{8} T_C$$

$$Z_c = \frac{P_c V_c}{R T_c} = \frac{3}{8}$$

در نقطه بحرانی همی کارها انجام می‌دهند
به حالت ایده آل به یک مقدار است.

$$f(P_R, V_R, T_R)$$

$$P = P_R P_c, \quad V = V_R V_c, \quad T = T_R T_c$$

(به جای a و b معادله واندر والس مساوی می‌شود در بحرانی)

$$(P + a \frac{n^2}{V^2})(V - nb) = nRT$$

قبل برای ترمیم می‌دهیم

$$\left[P_R P_c + \left(3 P_c \frac{V_c^2}{V_R^2 V_c^2} \frac{n^2}{V_c^2} \right) \right] \left[V_R V_c - n \frac{V_c}{3} \right] = n R T_R T_c$$

$$\left[P_R P_c + \frac{3 P_c n^2}{V_R^2} \right] \left[\frac{3 V_R V_c - n V_c}{3} \right] = n R T_R T_c \rightarrow \left(P_R + \frac{3 n^2}{V_R^2} \right) \left(V_R - \frac{n}{3} \right) = n R \frac{T_c T_R}{P_c V_c}$$

$$\rightarrow \left(P_R + \frac{3 n^2}{V_R^2} \right) \left(V_R - \frac{n}{3} \right) = \frac{8 n}{3} T_R$$

بحرانی منوی 4.

$$P V = n R T \rightarrow \frac{P M}{R T} = \frac{m}{V} = \rho \rightarrow \frac{\rho}{P} = \frac{M}{R T}$$

اگر کار به مقدار ایده آل

باشد باشد هر چه فشار 9، دانسیته هم 9 خواهد یافت

اعبار برای کار غیر ایده آل این فرمول دقت لازم ندارد، در فشارهای کم به دلیل کم بودن اثر جرم مولی

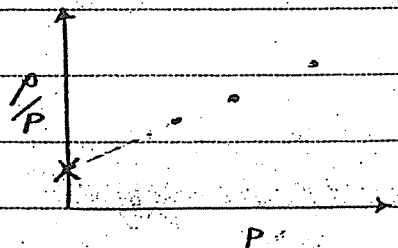
تغییر خیلی کم خواهد داشت در این حالت نمودار P/P_c برابر می‌گردد

اگر کار ایده آل باشد P/P_c معیاری ثابت خواهد بود

اگر کار غیر ایده آل باشد :

در فشارها بسیار پایین است و مقدار کار معنی ایده آل

است.



برای تعیین جرم مولی کارها به کار خواهد رفت. کار به شکل خواهد شد

کار CH_3COOH را جمع آوری کرد و از فرمول M به دست آورد و آن را M فرمول مولی فوق می‌دهد

به خط بحرانی ظاهر است

Subject :

Date :

(بررسی مایه در سئو)

ترمودینامیک و

Dynamics : حرکات

Terms : برما

ترمودینامیک بر اساس ۳-۴ قانون اصل ترمودینامیک شده

(Thermodynamic Concepts)

مفاهیم ترمودینامیک

ماده (matter) : هر چیزی که بتواند تحت اثر قرار گیرد

سیستم (System) : مجموعه ای که از نظر ترمودینامیک مورد مطالعه قرار می گیرد سیستم نام دارد

ترمودینامیک : بررسی و تحلیل حالت های سیستم

اهداف تعیین اثر محیط بر حالت تعادل یک سیستم سیستم های ترمودینامیک و تغییرات آن

دما (درجه حرارت) : کمیتی است که نشان می دهد دو جسم تا چه حد از تعادل حرارتی دور هستند

درجه حرارت به واسطه ی اصل صفرم ترمودینامیک تعریف می شود (پایه ایتر تعریف)

اصل صفرم : طبق این اصل هرگاه دو جسم در تعادل حرارتی باشند دمای یکسانی دارند

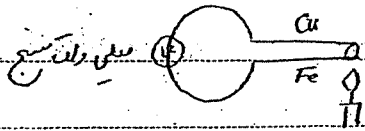
مثال های اصل صفرم : ۱) هرگاه A با B و B با C در تعادل حرارتی باشند A با C نیز در تعادل حرارتی است

۲) هرگاه A با B در تعادل حرارتی باشد A با بخش هایی از B نیز در تعادل حرارتی است

خواص ترمودینامیکی : به خواصی از ماده گفته می شود که اولاً "مستقل از اندازه باشد" به سهولت قابل اندازه گیری باشد

۱- حجم مایعات : با افزایش دما تغییر می کنند اندازه گیری آن (به نسبت اندازه گیری تغییر حجم گازها) آسان است

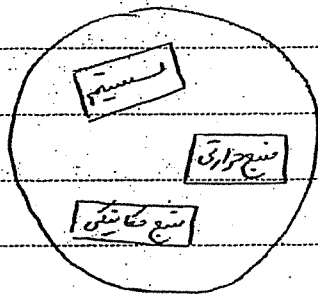
محدودیت : نقطه ی جوش است به دست آوردن خواص ترمودینامیکی



۲- جریان الکتریکی : با افزایش دما، دمای محل سنج جریان را نشان خواهد داد که تابعی از دما است.

- مقدار حرارت (کلو) : مقدار حرارت بر خلاف دما، فالتورقی است و با مقدار انرژی که از سیستم وارد دمای بالاتر به سیستم وارد می‌شود، تغییر می‌یابد. (تولید حرارت)
 - دمای نقطه ذوب (دمای یک جسم باید با دمای دمای یک جسم دیگر برابر باشد)
 - ظرفیت (درج) : به گرمای دانه شده (پایه انرژی)

انواع سیستم‌های انرژی :



- ۱- سیستم باز : با محیط اطراف نه انرژی و نه جرم مبادله می‌کند.
 - ۲- سیستم بسته : با محیط اطراف انرژی مبادله می‌کند اما جرم نه.
 - ۳- سیستم باز : با محیط هم جرم و هم انرژی می‌تواند مبادله کند.
 - ۴- سیستم هم‌گرم (هم‌گرم) : سیستمی که فقط از یک فاز تشکیل شده باشد.
 - ۵- سیستم غیر هم‌گرم : از بیش از یک فاز تشکیل شده است.
- عموماً انرژی سیستم از دو نوع است انرژی پتانسیل -
 انرژی مکانیکی

محیط : آنچه خود سیستم نیست، محیط است. بنابراین می‌تواند فضایی محدود یا غیر محدود باشد.

جهان سیستم (universe) : مجموعه‌ای از سیستم و محیط متاثر از آن است.

- منبع حرارتی : (Thermal reserve) بخشی از محیط است که می‌تواند با سیستم تبادل حرارت (حرارت ایجاد کند) هرگونه مبادله حرارتی بین سیستم و محیط فقط از طریق منبع حرارتی صورت می‌گیرد.
 مبادله حرارتی، دما و منبع حرارتی تغییر می‌کند. چون :
 ۱- منبع وسیع و بزرگ است. ۲- منبع را یک ظرفیت محدودی دارند (مجموعه آلودگی که در دما)

- منبع مکانیکی (Mechanical reserve) : خود اجزای همان سیستم است.

هرگونه مبادله حرارتی (انرژی و محیط) بین سیستم و محیط از طریق منبع مکانیکی انجام می‌گیرد.

Subject :

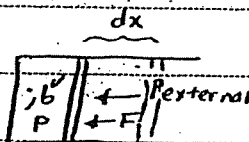
Date :

آنجایی منفی است برعکس فضا را برای انجام کار تغییر می‌خواهد

کار (work) : کار سیمه‌ای جابجایی فعلی اثر نیروست (کار سیمه‌ای عمل علیه نیروی مقابله کننده است)

کار فضا : $\delta W = F \cdot dA$ کار سیمه‌ای : $\delta W = F_x dx + F_y dy + F_z dz$

نیاز از انواع کار فضا : کار تغییر حجم (کار حجم - کار انبساط)



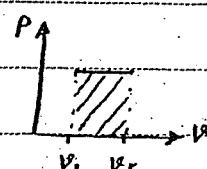
$\delta W = F_x dx$, $p = \frac{F}{A}$ $\rightarrow \delta W = P_{ex} A dx = P_{ex} dV$

* مقدار کار برابر است با : حاصلضرب فشار خارجی در تغییر حجم (P_{ex} با معنی می‌شود کار انجام می‌شود)

اگر P کار نداشته باشیم خطی باشد پس هیچ کاری انجام نمی‌دهد

$P_{ex} = 0 \rightarrow W = 0$ (انبساط آزاد در خلأ داشته باشیم)

$P_{ex} = K = \text{const}$ $\rightarrow W = \int K dV = K(V_2 - V_1)$



$P_{ex} = P + \epsilon$ (فشار خارجی می‌تواند با فشار گاز و اختلافی داشته باشد)

تغییر برگشت پذیر (reversible) \rightarrow $\epsilon \rightarrow 0$

آنجایی کوچکی است که با اعمال یک عامل خارجی بسیار کوچک

$W = \int P_{ex} dV = \int P dV$

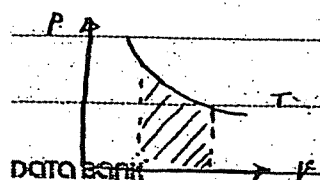
تغییر جهت تحول را برعکس نمود

(نسبت به آنکه کار انداخته آل باشد یا نه P به راحتی قابل تمایز است)

اگر در سیستم گاز ایده آل در دمای ثابت داشته باشیم $PV = nRT \rightarrow P = nRT/V$

$W = \int_1^2 \frac{nRT}{V} dV \rightarrow W = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$

* شرط استفاده : سیستم بسته باشد



۱۲ تحول برگشت پذیر باشد ۱۳ کار انداخته آل باشد ۱۴ کار گرفته آل باشد

در تحول برگشت پذیر هر جایی که تحول را متوقف کنیم حالت تعادل برقرار است

Subject :

Date :

اصل اول ترمودینامیک : برای کولت غیر همگام صادق است.

$$\Delta E_{uni} = 0 \quad (\text{تغییرات انرژی در جهان سیستم صفر است})$$

اصل اول برای هر سیستم قابل استفاده است.

$$\Delta E_{uni} = \Delta E_{sys} + \Delta E_M + \Delta E_T = 0 \rightarrow (\text{معادلات برای سیستم و دنیای بیرون})$$

$$\Delta E_{sys} = -\Delta E_M - \Delta E_T$$

انرژیهای ورودی و خروجی سیستم شامل انرژیهای جنبشی E_K

انرژی پتانسیل E_P و انرژی درونی E_u می باشد.

انرژی داخلی : انواع انرژی های موجود در یک سیستم به جز انرژی پتانسیل و جنبشی. به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم می شود.

(انرژی پتانسیل ثابت است و سیستم در حالتی نسبت به زمین است) اگر $\Delta E_K = 0$, $\Delta E_P = 0$ آن انرژی جنبشی رده (نسبت ثابت است ۱)

$$\Delta E_{sys} = \Delta E_u + \Delta E_K + \Delta E_P = \Delta U$$

$$\Delta U = - \underbrace{\Delta E_M}_W - \underbrace{\Delta E_T}_Q \quad (\text{آنتالپی})$$

در یک سیستم طوری که کار انجام دهد $W < 0$ و برعکس اگر محیط روی سیستم کار انجام دهد $W > 0$

گرمای وارد شده به سیستم $Q > 0$ و گرمای خارج شده از سیستم $Q < 0$

$$\Delta E_T = -q_{\text{سیستم}}$$

به هر مقدار انرژی حرارتی از منبع کم شود به همان اندازه به سیستم اضافه خواهد شد.

به هر اندازه کار از منبع کم شود به همان اندازه به کار روی سیستم انجام شده. دمای کاری به علامت W و q قرار می گیرد.

$$\Delta U = q - W, \quad du = \delta q - \delta w$$

تغییرات

۱- انرژی داخلی لا مانند حجم و فشار و از صفات یا مشخصه های ذاتی سیستم است.

Subject : 9

Date :

حالت ترمودینامیکی (State) : اگر تمام اطلاعات یک سیستم معلوم باشد گوئیم حالت آن معلوم است.
اگر اطلاعات مکتوب و مکتوبی سیستم مشخص باشد گوئیم حالت ترمودینامیکی آن مشخص است.
 $A, G, S, H, U, P, V, T, n$

یادآورهای حالت : یادآورهایی که حالت ترمودینامیکی را بیان می کنند.
معادله های حالت : معادله ای بین یادآورهای حالت را گویند. (یادآورها مستقل از هم نیستند).

از سیستم بسته باشد (n ثابت است) به یاد آورهای یادآورهای ثابت دیگر حالت ترمودینامیکی ثابت خواهد شد.

انواع حالت :
۱- حالت مکرر سکوی : اگر به ازای درونی سیستم طریقه ای باشد (مقدار درونی ثابت).
۲- حالت مکرر سکوی : فقط با یادآورهای حالت سکوی طریقه ای.

حالت تعادل : هیچ چیزی در سیستم تغییر نمی کند. به صورت مکرر سکوی.
آکنیال حالتی که یادآورهای ترمودینامیکی با گذشت زمان تغییر کنند. به صورت مکرر سکوی.

خواص لغی : تعدادی، فراگیر extensive
تعدادی، قابل حرارتی T (ثابت) P (ثابت) \rightarrow قابل تغییر
خواص لغی : غیر تعدادی، متمرکز intensive
خواص لغی که تابع مقدار ماده نیستند، گفته می شود مثل دما، فشار (P, T)
خواص لغی که تابع مقدار ماده است، گفته می شود مثل حجم، حرارت (A, G, S, H, U, m)
تعدادی، تغییراتی \rightarrow قابل تغییراتی \rightarrow قابل تغییراتی ثابت

تکامل تغییراتی در درون سیستم ترمودینامیکی اتفاق می افتد و آنرا تکامل گویند.
initial stat : حالت ابتدایی
Final stat : حالت انتهایی
path : مسیر

انواع مسیرها :

۱- از درون (تغییراتی) ۲- از درون (تغییراتی) ۳- از درون (تغییراتی) ۴- از درون (تغییراتی) (تغییراتی)

۲- انواع حالات سیستم است و به سه دسته تقسیم می شود.

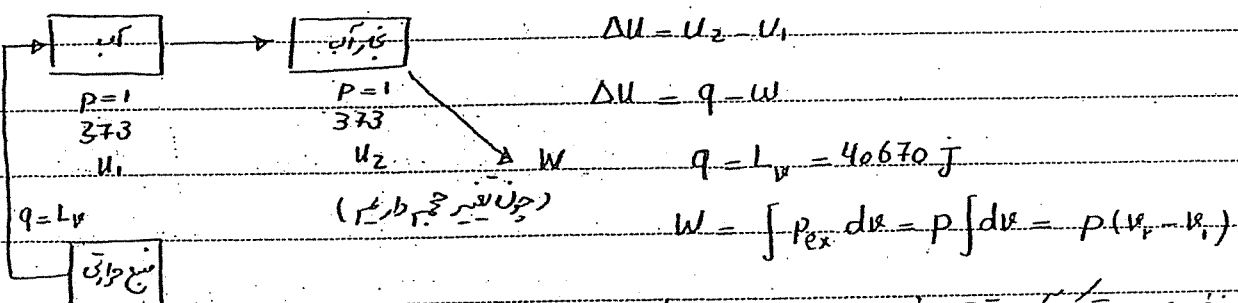
۳- کمیت extensive یا مقدار است.

۴- اصل اول تغییرات انرژی را مطرح می کند نه مطلق انرژی را.

۵- رابطی با اصل اول به صورت فوق برآید سیستم بسته صحیح است فقط.

۶- ΔQ ، ΔW انرژی انتقالی بین سیستم و محیط هستند تغییرات آنها به سرکول تکی دارند.

مثال: در دمای 100°C و فشار 1 atm یک حجم آب به کارآب تبدیل می شود. طوریست که به تغییر انرژی داخلی در اثر این تحول



p فشاری است که آب وقتی به کار تبدیل می شود بر روی آن به کار تبدیل شده اند $p = 1$

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{18}{v} \rightarrow v_1 = \frac{18}{\rho} = 18 \text{ cm}^3 = 18 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$v_2 = RT/p = 0.082 \times 373 = 30.586 \text{ L} \rightarrow W = 1 (30.58 - 18) \text{ L} \cdot \text{atm}$$

$$W = 3100 \text{ J}$$

$$\Delta U = 40670 - 3100 = 37570$$

در این جا باید مقدار انرژی که آب در هر یک از این دو حالت

کلی کار برای ما انجام دهد = و به جا چندین کلمه دیگر داریم اگر استی در هر

$$W = \int p_{ex} dv = 0$$

تحول اینطور:

$$\Delta U = q_v$$

$$\Delta U = q_v$$

تغییر انرژی داخلی را در هر یک از این دو حالت به جا می آوریم

$$1 \text{ L.atm} = 101,325 \text{ J}$$

$$1 \text{ cc} = 1 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ L} = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$4.184 \text{ J} = 1 \text{ cal}$$

Subject :

Date :

ق تابع سیستم در نقطه قابل اندازه گیری است. اما در شرایطی که ق تابع سیستم پس به راحتی ق قابل کالیه خواهد شد.

$$w = \int_1^2 p dv = p(v_2 - v_1) \quad \text{کول اینر و بار - معنی اینکالی}$$

$$\Delta u = u_2 - u_1 = q - w \rightarrow u_2 - u_1 = q_p - p(v_2 - v_1)$$

$$q_p = (u_2 + pv_2) - (u_1 + pv_1) \quad \text{و لا، } p, v_1 \text{ تابع حالتند پس } q_p \text{ هم}$$

تابع حالت خواهد بود و به راحتی قابل کالیه

$$q_p = H_2 - H_1 \quad \text{است.}$$

$$q_p = \Delta H = H_2 - H_1, \quad H = u + pv \quad \text{اینکالی}$$

عنصریات H:

- ۱- تابع H تابع حالت سیستم است و به سیر کول بستگی ندارد
- ۲- H تابع مقداری است.
- ۳- تابع H به نوعی مجهزای حرارتی سیستم را بیان میکند.

مثال: یک سیستم گاز را در فشار 1 atm، 10 cal بر دایره و حجم آن 10 cc افزایش یافته است. Δu و ΔH را کالیه کنید.

$$1 \text{ cc} = 1 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ L} = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$q_p = \Delta H = 10 \text{ cal}$$

$$\Delta u = q - w, \quad w = p \Delta v = \frac{0.1}{100} \text{ L.atm} \times \frac{101.325 \text{ J}}{1 \text{ L.atm}}$$

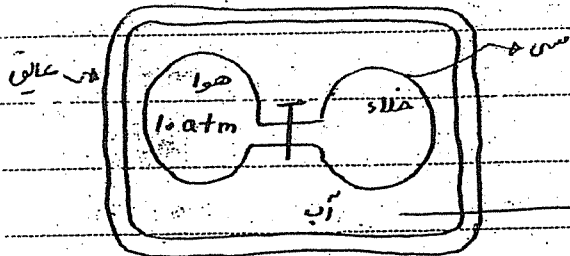
$$\Delta u = 10 \times \frac{4.184 \text{ J}}{1 \text{ cal}} - 0.100 \times 101.325 \text{ J} = 41 - 10 = 31 \text{ J}$$

در سیستم بسته حالت است H, p, v, T, u

همیشه در همدی تابع در تغییر سیستم وجود ندارد.

واکنش لایه H از دما و فشار :

از حالت اول :



T_1 دما

در دما و فشار

در دما و فشار P و T_1 دما و فشار اول و دما و فشار

تغییر دما و فشار ندارد $\Delta U = 0$ اول و دما و فشار

تغییر دما و فشار ندارد $\Delta U = \Delta U_{\text{آب}} + \Delta U_{\text{هوا}}$ (آب و هوا در دما و فشار یکسانند)

اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد $\Delta U = 0$ اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد (در دما و فشار یکسانند) اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

در دما و فشار : اثری که در داخل هوا و آب وجود دارد

Subject :

Date :

مثال - با قبول اینکه گاز ایده آل است و در مورد گاز ایده آل انتالپی نیز تابع حجم و فشار نیست.

$$H = U + PV$$

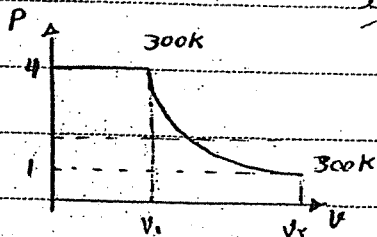
$$\left(\frac{\partial H}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T + \left(\frac{\partial PV}{\partial V}\right)_T$$

در دمای ثابت، تغییرات فشار و دما در برابر حجم
مستوی میسر می شود.

$$\left(\frac{\partial H}{\partial V}\right)_T = 0 + \left(\frac{\partial RT}{\partial V}\right)_T = 0 \rightarrow$$

* برای گاز ایده آل انتالپی داخلی و انتالپی تابع حجم و فشار نیست *

مثال - 1 mol گاز ایده آل به طور ایزوترم در دمای 300K از فشار 4 atm به فشار 1 atm منبسط می شود. تغییر انرژی داخلی و کار و گرما را محاسبه کنید.



$$\Delta U = 0, \Delta H = 0 \quad (\text{چون } T \text{ ثابت و گاز ایده آل است})$$

$$\Delta U = q - w = 0 \rightarrow q = w$$

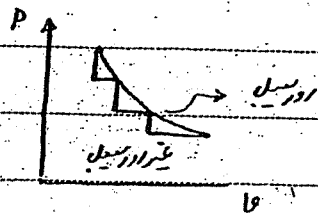
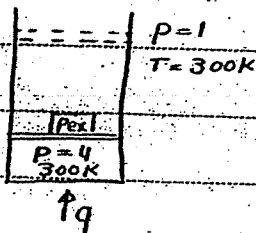
$$w = \int p_{ex} dv$$

حالت 1 ایزوترم: $w = \int p dv$ گاز ایده آل 1 mol $w = \int \frac{RT}{V} dv = RT \ln \left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

طبق قانون بویل: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} = 4 \rightarrow w = 300R \ln 4 = 826.3 \text{ cal}$

حالت 2 غیر ایزوترم: $P_{ex} \neq P_{gas} \rightarrow$ فرآیند می تواند به سه روش مختلف انجام شود!

* سه حالت:



$P_{ex} = P_2$ باشد در ابتدا پس باید

فرآیند داشته *

P_{ex} ثابت خواهد بود

* در طول فرآیند کار به آنجا می شود که گاز بویل غیر ایزوترم است. فرآیند بویل غیر ایزوترم را می توان به سه روش مختلف انجام داد:

* بهترین کار ممکن در حال ایزوترم انجام خواهد شد *

$$\rightarrow w = RT \left(1 - \frac{P_2}{P_1} \right) \rightarrow w = 0.75 RT = 450 \text{ cal}$$

غیر اورجینل $\left\{ \begin{array}{l} w = 450 \text{ cal} \\ q = 450 \text{ cal} \end{array} \right.$

× اگر ثابت باشد باز هم کاری نداریم اما نمی‌تواند باشد $\Delta H = q_p$

تأليف: H. و. لا از دنا (كاروانه آمل) - تهران: مؤسسه خوارزمي :

(۹) تابع می باشد. $C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{q}{\Delta T}$

$$C_v = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{q_v}{\Delta T} = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta U}{\Delta T} \quad (\text{चर } P, Z, n) = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v$$

$$C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$$

$$C_P = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{q_P}{\Delta T} = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta H}{\Delta T} = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_P \rightarrow \boxed{C_P = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_P}$$

$C_p = \frac{5}{2} R$, $C_v = \frac{3}{2} R$, $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$

* اگر باز این سوال جنبه علمی باشد نه تنها این راهکار برقرار نیست بلکه C_p و C_v تابعی از دما هستند

→ $C_p = a + bT + cT^{-2} + dT^2$ فرض کنید که C_p تابعی از T است

د. سید علی محمد

* عارضی کہ مادہ غیر فائزہ اس عارضہ پر جو کہ مقدار m را پیش بینی کی گند اعطاء غیر فائزہ عارضہ در خواهم داشت.

Subject: $* A \times B \rightarrow C_p = x C_p^A + y C_p^B$

Date: _____

تایید: C_p به نسبت از مجموع C_p عناصر تشکیل دهنده است.

$$C_p Al_2O_3 = 2 C_p Al + \frac{3}{2} C_p O_2$$

برای درجانه خاص $u = f(T, v) \rightarrow du = \underbrace{\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v}_{C_v} dT + \underbrace{\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T}_{\text{برای گاز ایده آل = 0}} dv$

برای گاز ایده آل $du = C_v dT$

$H = f(p, T) \rightarrow dH = \underbrace{\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T}_{C_p} dp + \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p dT$

$dH = C_p dT$

مقدار C_p و C_v را بر حسب یکدیگر می‌نویسیم

مقدار C_p و C_v بر حسب یکدیگر می‌نویسیم

C_p و C_v را به نسبت های مختلفی می‌نویسند. برای هر سیستم با درجه آزادی مشخص می‌شود. اما با درجه آزادی کم تر نسبت جاری می‌شود. که برای صورت دیگر به دست می‌آید.

تقریب $C_p - C_v = R$ را به صورت تابعی از u, T, v, p می‌نویسند. برای گاز ایده آل

$C_p - C_v = R$

$$C_p - C_v = \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p \left[p + \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T \right]$$

$u = f(v, T) \rightarrow du = \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T dv + \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v dT$

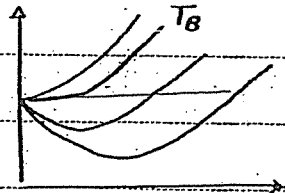
$\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p + \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v$ $*$ $H = u + pv \rightarrow dH = du + p dv + v dp$

Subject :

Date :

دمای بویل در چه محدوده‌ای است؟ (Z-P) منفرجه

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial P} \right)_{T_B} = 0$$



$$T_B = \frac{a}{bR}$$

دمای بویل در چه محدوده‌ای است؟

$$Z = 1 + B_P P + C_P P^2 + \dots$$

T	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
B _P	+	+	-	-
C _P	-	-	-	-
D _P	-	-	-	-

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial P} \right)_{P \rightarrow 0} = B_P \rightarrow B_P \text{ در دمای بویل منفرجه است}$$

کول آبیانیت (کولر)

$$du = \delta q - \delta w$$

$$adb \rightarrow \delta q = 0 \rightarrow du = -\delta w$$

فرایند بویل، کول آبیانیت بویل هیچ شیب
ایر ندارد

$$rev \rightarrow P_{ex} = P \rightarrow \delta w = P dv$$

$$idl \text{ gas} \rightarrow du = C_v dT \xrightarrow{\text{کنش شرط}} C_v dT = P dv$$

شرط ۱- سیستم بسته ۲- ظرفیت آنتالپی ۳- کولر، سیکل ۴- کول آبیانیت

$$-\int_1^2 P dv = \int_1^2 C_v dT, P = \frac{RT}{v} \rightarrow \int C_v dT = - \int \frac{RT}{v} dv$$

$$\rightarrow \int C_v \frac{dT}{T} = - \int \frac{R}{v} dv \rightarrow C_v \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) = -R \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$$

$$\rightarrow \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{C_v} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^R$$

در فشار ثابت $\rightarrow C_p dT = du + p dv \rightarrow C_p = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_P + P \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P$

و $C_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v \rightarrow C_p - C_v = \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P + \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P + P \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P - \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P$

$\rightarrow C_p - C_v = \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \left[\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T + P \right]$

$\rightarrow C_p - C_v = \frac{R}{P} \times P = R$

از طرف دیگر $\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = 0$ ، $\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{P}$

اختلاف C_p و C_v ناشی از کار انجام شده در فشار ثابت است و این اختلاف به بهانه R است پس به این ال بود کار دارد و در این به دو این یا چند این اولی کار ندارد.

نکته: $C_p - C_v = \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \left(P + \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T \right)$ نسبت به $C_p - C_v$ از حسن طراست

مقدار کار انجام شده به وسیله سیستم در اثر انبساط بر علیه فشار خارجی P و به ازای یک درجه افزایش دما

$\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T =$

تغییر کار انجام شده به وسیله سیستم به ازای یک درجه افزایش

دما و انبساط بر علیه نیروی خارجی که در آن تغییر دما به واسطه سیستم می باشد

سی آر دگر $p = K$

سی آر دگر $v = K$

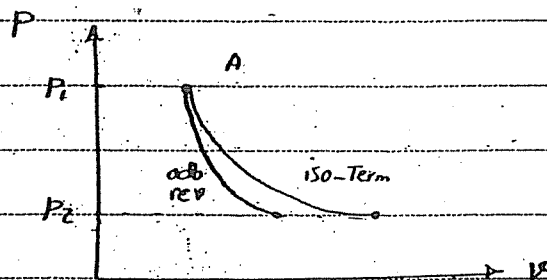
سی آر دگر $p v = K$

سی آر دگر : $p v^\gamma = K$

(پولیسپل)

اگر در معادله آخر قرار دهیم : $T = p v$ \Rightarrow $\left(\frac{p_2 v_2}{p_1 v_1} \right)^{\gamma} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{\gamma}$ \Rightarrow $T_1 = T_2$

$C_p - C_v = R$ (II) $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ (III) $\Rightarrow p_1 v_1^\gamma = p_2 v_2^\gamma$ $\gamma > 1$



$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^\gamma$$

$$\left(\frac{T_1}{T_2} \right)^\gamma = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\gamma-1}$$

با توجه به معادلات سی آر دگر :

آنها می‌توانیم برای سی آر دگر است

چون توان ما بیشتر است.

انرژی مورد نیاز برای انجام کار از درون سیستم می‌شود $\Delta u = q$ \Rightarrow $q = w$ \Rightarrow $w = \Delta u$

برای انجام کار $w = \Delta u$ \Rightarrow انرژی درونی به آن انرژی می‌دهیم \Rightarrow $q = 0$

انرژی مورد نیاز از انرژی درونی تأمین می‌شود

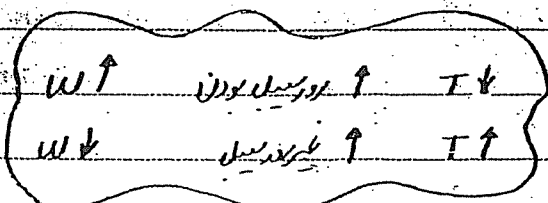
هر چه قدر کار انجام دهیم انرژی درونی کم می‌شود و هر چه قدر انرژی درونی کم شود دما کاهش خواهد یافت.

$$\Delta u = -w$$

تأمین انرژی درونی از طریق کار انجام می‌دهیم و در نتیجه دما کاهش می‌یابد و انرژی درونی کم می‌شود.

هر چه قدر کار انجام دهیم انرژی درونی کم می‌شود و دما کاهش خواهد یافت.

تأمین انرژی درونی از طریق کار انجام می‌دهیم و در نتیجه دما کاهش می‌یابد و انرژی درونی کم می‌شود.



* غیر از سی آر دگر برای سی آر دگر $w = 0$ \Rightarrow $p_{ext} = 0$ \Rightarrow $T_2 = T_1$ \Rightarrow $\Delta u = 0$

* $T_2 = T_1$ \Rightarrow $\Delta u = 0$

میانگین دما برای گازهای
 $\gamma = 1.66$ 1.4 1.28

برای گازهای: $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{0.3976}$

Subject :

Date :

مثال (ارشد 1) : 1 mol گاز ایده آل با دمای 400K و فشار 1 atm به طور آدیاباتیک منبسط می شود تا فشار

$T_{max} \rightarrow 400K$

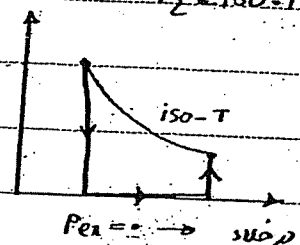
adib. rev $\rightarrow P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$

$\rightarrow P_1 \left(\frac{RT_1}{P_1}\right)^\gamma = P_2 \left(\frac{RT_2}{P_2}\right)^\gamma$, $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.66 \rightarrow T_2 = T_{min}$

$P_1 \left(\frac{R^\gamma T_1^\gamma}{P_1^\gamma}\right) = P_2 \left(\frac{R^\gamma T_2^\gamma}{P_2^\gamma}\right)$

$\rightarrow T_1^\gamma P_1^{1-\gamma} = T_2^\gamma P_2^{1-\gamma}$

$\rightarrow \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^\gamma = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1-\gamma} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\gamma-1}$

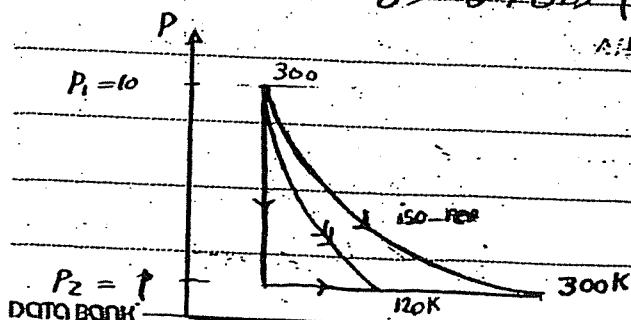


$T_2 = 160 = 12K$

مثال 1 mol آرگون در دمای 300K و فشار 1 atm طی دو گام از دمای 1 atm منبسط می شود در صورتی که اول آن به فشار آرگون 1 atm و دمای 120K و در مرحله دوم به دمای 120K و فشار 1 atm می رسد. این دو گام را با هم مقایسه کنید.

* در گام اول آرگون به دمای 120K و فشار 1 atm می رسد و در گام دوم به دمای 120K و فشار 1 atm می رسد. این دو گام را با هم مقایسه کنید.

* ΔU تابع مسیر نیست و ΔU گام اول و دوم ΔU غیر از هم است و در دمای 120K و فشار 1 atm می رسد. این دو گام را با هم مقایسه کنید.



A | $n=1$
 $P=10$
 $T=300$
 $V=?$

B | $n=1$
 $P=1$
 $T=300$
 $V=10 V_A$

از آنجا که $\Delta U = 0 \rightarrow q = w$ و از آنجا که $w = \int p dv = RT \ln \frac{V_2}{V_1} = RT \ln \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$
 $= 1378 \text{ cal}$

و از آنجا که $w = \int p_2 dv = p_2 (V_2 - V_1)$
 $= RT \left(1 - \frac{P_2}{P_1} \right) = 536.2 \text{ cal}$

از آنجا که $q = 0 \rightarrow -\Delta U = w$

(ماده شش یابانه)

از آنجا که $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \rightarrow P_1 \left(\frac{RT_1}{P_1} \right)^\gamma = P_2 \left(\frac{RT_2}{P_2} \right)^\gamma \rightarrow T_2 = 120 \text{ K}$

از آنجا که $\Delta U = \int C_v dT = C_v (T_2 - T_1) = 1.5 R (120 - 300) = -536 \text{ cal}$

$\rightarrow w = +536 \text{ cal}$ (از بیرون به سیستم)

$T_2 = 192 \text{ K}$

از آنجا که $P_{ex} = P_2$ ، $q = 0 \rightarrow -\Delta U = w \rightarrow C_v \Delta T = -P_{ex} \Delta V$

$\frac{3}{2} R (T_2 - T_1) = -P_2 \left(\frac{RT_2}{P_2} - \frac{RT_1}{P_1} \right) = -\frac{RT_1 P_2}{P_1} + \frac{RT_2}{P_1}$

$\rightarrow \frac{3}{2} T_2 - \frac{3}{2} T_1 = \frac{1}{10} T_1 - T_2 \rightarrow \frac{5}{2} T_2 = \left(\frac{1}{10} + \frac{3}{2} \right) T_1 \rightarrow T_2 = 192 \text{ K}$

$\rightarrow \Delta U = \int C_v dT = 1.5 R (192 - 300) = -320.76 \text{ cal} \rightarrow w = 320.76 \text{ cal}$

تکولات سطحی :

سیستمی که در حالت اول به یاری می‌رود. در این صورت مقدار کار برابر است با سطح داخل سطح.

از آنجا که $\Delta U = 0 \rightarrow q = w$

از آنجا که سطح سطحی نه است.

ناچار به جدا کردن سوراخ خواهیم شد (از چپ به راست) و از چپ به راست (از راست به چپ) و از چپ به راست (از راست به چپ).

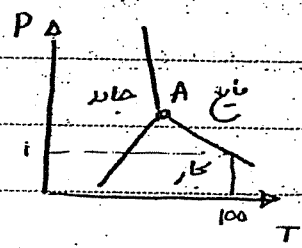
و در نهایت تمام سوراخ‌ها را به هم وصل می‌کنیم.

Subject :

Date :

اجرای نمودارهای فاز : حداقل تعداد سازه های مستقل سیستم به دو دسته ی آن سوال سیستم را
توضیح بدهد
داشتن سیستم در دو حالت است : ۱- خنثی ۲- آنتالپی ظاهر و منفی - ۲ خنثی

SO_2 ، O_2 ، SO_3 در سیستم ۲ خنثی است زیرا SO_2 ، O_2 ، SO_3 را می سازند (یا در خود مستقل
دارد و SO_3 وابسته است)



رایز ارام سازی (فازی) : تأثیر پارامترهای محیط را روی سیستم بررسی می کند
اگر روی خط باشیم تعادل در سیستم وجود دارد و در نقطه ی A هر سه تعادل
را داریم

ترموشیمی :

محاسبه گرمای کولان : محاسبه تغییرات انرژی است - به برابری بین برمود و انرژی های شیمیایی
تغییرات شیمیایی

تعیین گرمای کولان : (۱) اندازه گیری : طبق قانون دالون، درجه STA-DSC (با توجه به گرمای مبادله شده درجه) (درجه) (تغییرات انرژی) و انرژی های استاندارد

ایراد : هزینه بر است - بیداری نمودن هاندلر برای آزمایشگاه انجام می دهند و در وقت کمتری است

(۲) محاسبه : (وقتی ترکیب ثابت را اندازه گیری نمی توانیم گرمای مبادله شده را بدست آورد از طریق محاسبه)

روش ۲ : هم گرمای کولان به توانستیم محاسبه را انجام دهیم :

$$(I) \quad q_v = \Delta U \quad q_p = \Delta H$$

$$dU = C_v dT \quad dH = C_p dT$$

برای گاز ایده آل

(II) لایه H تابع حالت هستند یعنی با داشتن تغییرات انرژی و انتالپی

قابل محاسب اند و اگر می توانیم محاسب کنیم یک مسیر دیگر را انتخاب کرد لایه H به آب می

قابل محاسب خواهند بود

تعاریف : ۱- حالت استاندارد : $p = 1 \text{ atm}$ ، ۲ خلوص ، ۳ پایدارترین حالت

یک سیستم وقتی در حالت استاندارد خود است که همه شرط بالا برقرار باشد

(ما خود حالت استاندارد نیستند)

برای حالت استاندارد

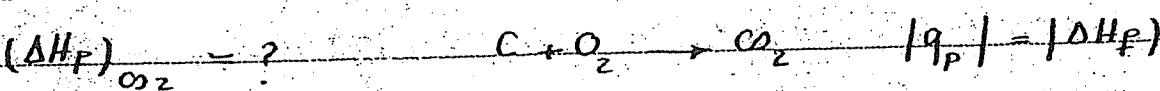
برای طررها شرط لازم و لازم است برای حالت استاندارد و در حقیقت هم شرط خلوص هم است

برای حالت استاندارد هم شرط لازم و لازم است و هم شرط خلوص

۲ (انرژی داخلی در حالت استاندارد)

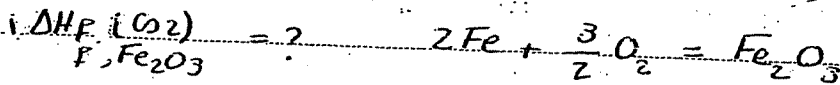
۲- گرمای تشکیل ، انتالپی تشکیل (ΔH_f) Formation

گرمای تشکیل به ترکیب شیمیایی برابر است با گرمای مبادله شده برای تولید آن ترکیب از عناصر ساده اش به ازای استاندارد



Subject :

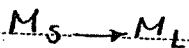
Date :



در این مثال تبدیل محاسبه باید انجام داد.
اگر تمام عناصر در مواد در حال استاندارد باشند برای تبدیل استاندارد داریم.
برای تبدیل تابع است. اما معمولاً ΔH_F° را در دمای 298 K اندازه گیری می شود.

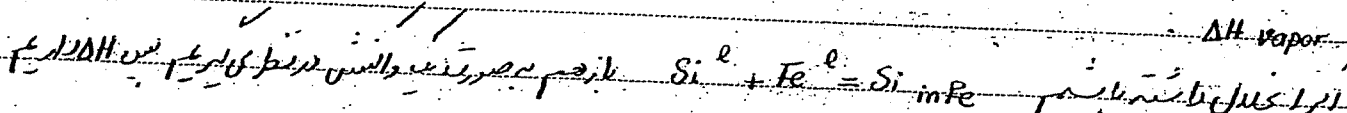
$$\Delta H^\circ (O_2) = \Delta H^\circ (O_2)_{P, 298}$$

اگر ΔH_F° و دالتن برابر است.
اگر ΔH_F° و دالتن برابر است.



$$\Delta H_m^\circ, \Delta H_f^\circ, \Delta H_v^\circ$$

تغییر فاز از جامد به مایع یا از مایع به گاز است. اما ΔH_{formic} است.
به $\Delta H_{melting}$ است و به $\Delta H_{transformation}$ است.



انواع محاسبات :
I - در دما تغییر فاز
II - با تغییر فاز

III - در دمای 298
IV - محاسبه دمای دالتن های مختلف در سایر دماها

$$(I) \quad A_T \rightarrow A_{T_2} \quad q_p = \Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p^A dT = \sum_{i=1}^n C_{ip}$$

مثال : می خواهیم یک شمشیر دالتنی فولاد را (Fe) از دمای پخت 800 K به دمای 20 درجه سانتیگراد سرد کنیم.
تغییر دمای دالتن را می بینیم.
گرمای مورد نیاز (انرژی دالتن) چقدر خواهد بود؟ از هرگونه تغییر فاز صرف نظر می شود.

DATA BANK $a = 28.18 \quad b = -7.32 \times 10^{-3} \quad c = -2.9 \times 10^{-5} \quad d = 25.04 \times 10^{-6}$

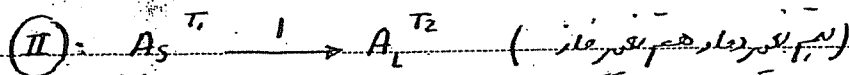
$$\frac{10}{8} Q_p = 3298925.847 \text{ J}$$

Subject : 17

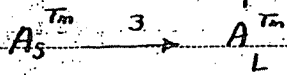
Date : _____

$$q_p (\text{per mol Fe}) = \int_{298}^{800} C_p^{\text{Fe}} dT = 28.18 \left[\frac{1}{2} (7.32 \times 10^{-3}) (800^2 - 298^2) + 2.9 \times 10^{-6} \left(\frac{1}{800} - \frac{1}{298} \right) + \frac{1}{3} (25.04 \times 10^{-6}) (800^3 - 298^3) \right]$$

$$Q_p = q_p \times \frac{10 \times 10^5}{59} = 2639140.678 \text{ J} = 15570.93 \text{ J}$$



$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4$$



$$q_p = \Delta H = \int_{T_1}^{T_m} C_p^{A_S} dT + \Delta H_m + \int_{T_m}^{T_2} C_p^{A_L} dT$$

مثال - 10 kg سرب در کوره ای به جرم سرب در از هس SiO_2 و به وزن 50 kg است تا دمای 700 K

$T_m = 600 \text{ K}$ سرب گرمای مورد نیاز؟ گرمای است

$p_b = 207.2$ این گرمای برای سرب کوره است و هم برای ذوب سرب که به ذوب خواهد رفت

$$p_b : C_p = 24.23 + 8.7 \times 10^{-3} T \quad \text{SiO}_2 : C_p = 43.93 + 38.83 \times 10^{-3} T - 9.69 \times 10^{-5} T^2$$

$$q_p = \int_{298}^{600} C_{p1} dT + \Delta H_m + \int_{600}^{700} C_{p2} dT, \Delta H_m = 0$$

$$C_{p1} = 24.23 + 8.7 \times 10^{-3} T, C_{p2} = 32.49 - 3.1 \times 10^{-3} T$$

$$C_{p1} = 8497.1626, C_{p2} = 3047.5 \rightarrow H_t = 4.8 \text{ kJ} \rightarrow q_p = 16344.6626 \text{ J}$$

$$Q_p = q_p \times \frac{10^4}{207.2} = 788.835 \text{ kJ}$$

$$\text{گرمای مورد نیاز برای تغییر فاز SiO}_2 = \int_{298}^{700} C_p dT = 23581.6882 \text{ J}$$

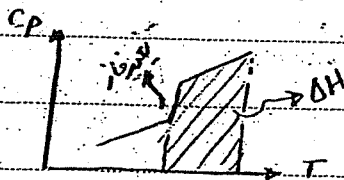
$$Q_p = q_p \times \frac{50 \times 10^3}{60.08} = 19625.239 \text{ kJ} \rightarrow Q = 19626.028 \text{ kJ}$$

Subject :

Date :

✓ اگر نمودار $C_p - T$ داشته باشیم سطح زیر نمودار ΔH را نسبت خواهیم داد و تغییرات هم ظاهر

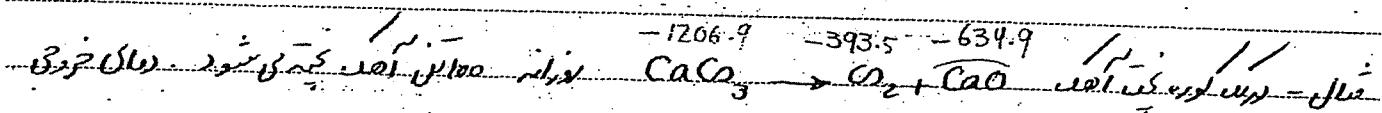
مشخص خواهد شد



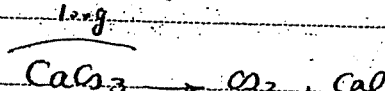
III

قانون هس: اگر مجموعی از حالتی که ما داشته باشیم در اثر واکشش به تجربه ای از محصولات تبدیل شوند در این صورت:

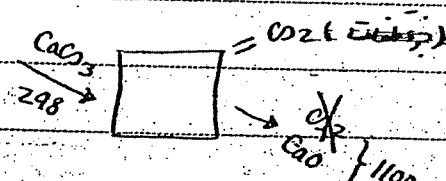
$$\Delta H_{\text{واکشش}} = \sum \Delta H_f^\circ (P) - \sum \Delta H_f^\circ (R)$$



آهک از کوره 1100 K است. در صورتی که دمای جوش CH_4 مورد نیاز است. طبعاً دما را در دمای 298 K انجام می شود و تغییرات را هم



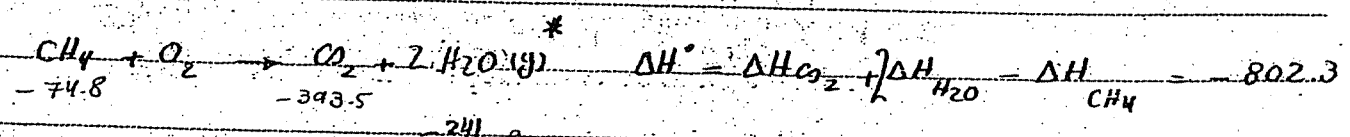
$$\Delta H_{298} = \Delta H_{\text{CO}_2} + \Delta H_{\text{CaO}} - \Delta H_{\text{CaCO}_3} = 178.5 \text{ kJ}$$



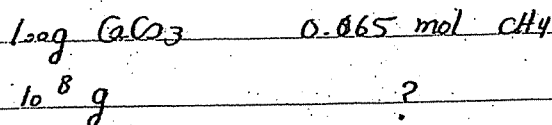
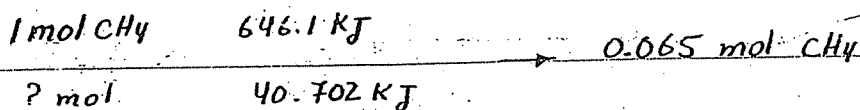
- 1- گرمای حاصل از واکنش
- 2- تغییر دمای CaO
- 3- مصرف انرژی: CO_2 (گاز)

$q_1 = 178.5 \text{ J}$

$q_2 = \int_{298}^{1100} C_p^{\text{CaO}} dT = 40702 \text{ kJ}$ $\rightarrow (q_1 + q_2)$ گرمای مورد نیاز



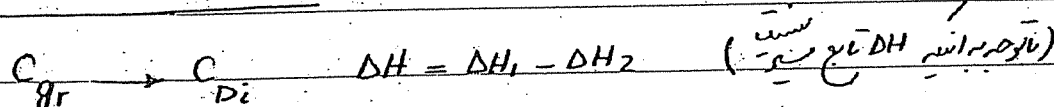
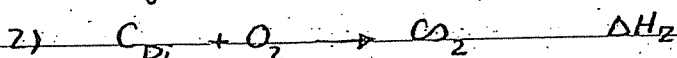
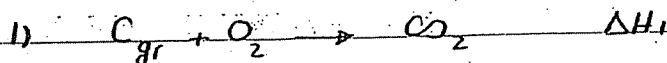
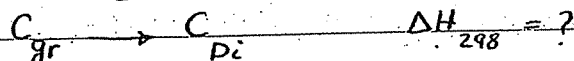
$Q_{\text{نیاز}} = 802.3 \times \frac{80}{100} = 641.8 \text{ kJ}$ $\text{CH}_4 \text{ 1 mol} \rightarrow 646.1 \text{ kJ}$ $100 \text{ g} \rightarrow ? \text{ mol}$ $? \text{ mol} \rightarrow q_1 + q_2$ $100 \text{ g} \rightarrow x$



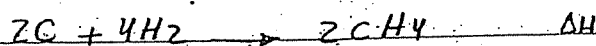
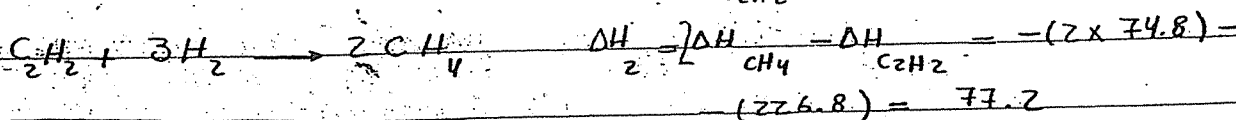
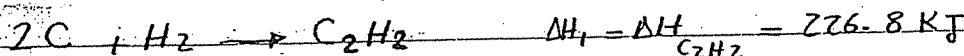
$$\rightarrow 65000 \text{ mol CH}_4 \times \frac{16 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 1040 \text{ kg}$$

IV: محاسبه‌ی غیر مستقیم برای تبدیل:

مثال - چگونه می‌توانیم دروازه‌های بسته را به کمک انرژی‌های موجود برای تبدیل برآوردیم؟



مثال - چگونه می‌توانیم برای تبدیل CH_4 را از برن به دی‌اکسید کربن برآوردیم؟



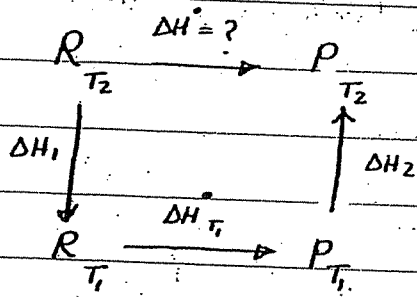
$$\Delta H = (\Delta H_1 + \Delta H_2) / 2 = 157 \text{ KJ}$$

قوانین ترمودینامیک: ۱- ابروالنس را فرمایید. ΔH آن در منفی ضرب می شود.

۲- ابرودالنس را با هم جمع کنیم ΔH آنها با هم جمع می شود.

۳- ابرودالنس در یک عدد ضرب شود ΔH آن نیز در همان عدد ضرب می شود (ΔH مطلقیت ندارد).

و انتهای برمای دالنس به دما (ابروالنس در برابر 298K است) $\Delta H = ?$



ابر اطلاعات دالنس را در هر دمای برابر T_2 داشته باشیم می توانیم

با استفاده از آن ΔH دمای T_2 را به دست آوریم.

فرض کنیم ΔH_{T1} معلوم باشد:

$$\Delta H_{T2}^{\circ} = \Delta H_1 + \Delta H_{T1}^{\circ} + \Delta H_2$$

$$\Delta H_{T2}^{\circ} = \Delta H_{T1}^{\circ} + (Q_P - Q_R)_{T1 \rightarrow T2}$$

* (برمائی به لازم است محسولات برانرژی T_1 به T_2 برانیم) - (برمائی به لازم است دالنس روند ها را از دمای T_1 به T_2 برانیم)

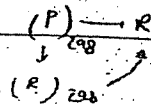
* ابرودالنی T_1 تا T_2 هیچ تغییر داری نداشته باشیم:

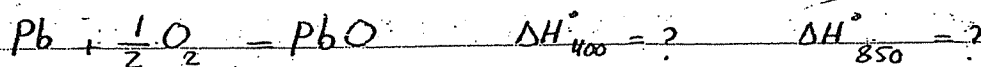
$$\Delta H_{T2}^{\circ} = \Delta H_{T1}^{\circ} + \int_{T1}^{T2} \Delta C_P dT$$

$$\Delta C_P = \sum C_P^P - \sum C_P^R$$

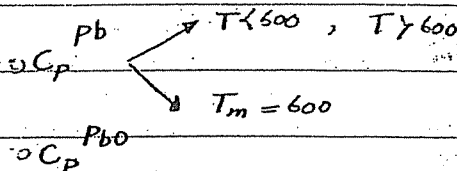
اطلاعات ما با ترمودینامیک استاندارد است ($p = 1 \text{ atm}$ ، خلوص، پایدارترین حالت)

مثال - تعیین شد در اثر استاندارد شدن سرب در دمای 400K و 850K در شرایط استاندارد چه مقدار گرمای آزاد می شود.





$$\Delta H_{298}^\circ = \Delta H_{298}^\circ \text{PbO} - 0 - 0 = -219.4 \text{ kJ}$$



$$\Delta H_{400}^\circ = \Delta H_{298}^\circ + \int_{298}^{400} \Delta C_P dT$$

$$\Delta C_P = C_P^{\text{PbO}} - C_P^{\text{Pb}} - \left(\frac{1}{2}\right) C_P^{\text{O}_2} = [52.38 + 8.66 \times 10^{-3} T - 8.2 \times 10^{-5} T^{-2}]$$

$$- [24.23 + 8.7 \times 10^{-3} T] - \frac{1}{2} [29.96 + 4.18 \times 10^{-3} T - 1.67 \times 10^{-5} T^{-2}]$$

$$\Delta H_{400}^\circ = -219.4 \times 10^3 + (13.17 (400 - 298)) - (2.13 \times 10^{-3} \times \frac{1}{2} (400^2 - 298^2)) + (7.365 \times 10^5 (\frac{1}{400} - \frac{1}{298})) = -218.762 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{850}^\circ = \Delta H_{298}^\circ + (Q_P - Q_R)_{298-850}, \quad Q_P = \int_{298}^{850} C_P^{\text{PbO}} dT = 31.657 \text{ kJ}$$

$$Q_R = \int_{298}^{850} \frac{1}{2} C_P^{\text{O}_2} dT + \int_{298}^{600} C_P^{\text{Pb}_2} dT + \Delta H_m + \int_{600}^{850} C_P^{\text{Pb}_2} dT$$

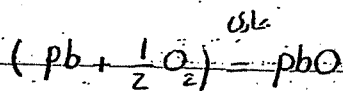
$8.755 \text{ kJ} \quad 8.497 \text{ kJ} \quad -4.8 \text{ kJ} \quad 7.560 \text{ kJ} - 20.01 \text{ kJ}$

$$\Delta H_{850}^\circ = -219.4 + (31.657 - 20.01) =$$

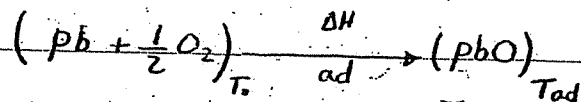
* محاسبه در دالان ها می داریم H_2O را ماری فرض کنیم تا در دالان هاها بخورند و این به سبب می باشد
 دانه های با آبر
 دانه های با آبر

* اگر دالان را خارج باشد به طور کلی می باشد ایام شود T می باشد دالان را می خواهد
 خواهد بود T

* دالان در دالان تغییر می داریم ΔH تابع دالان است چون ΔC_P می باشد خواهد بود



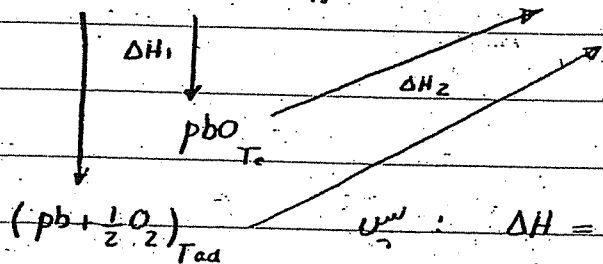
* رانش هائی که در حالت آدیاباتیک اتفاق می افتد $(\Delta H = 0)$



اگر رانش در حالت آدیاباتیک باشد دمای محصولات

اوج آن خواهد یافت.

چون دو اتفاق با هم افتاده پس را بررسی دهیم



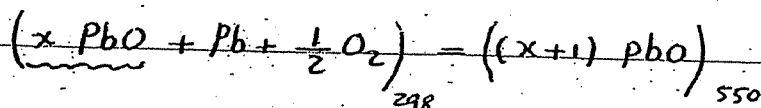
$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$$

\downarrow \downarrow
 $-$ $+$

چون هیچ گرمائی مبادله نمی شود

پروانه که آنرا ادبی شود جزو خواهد شد

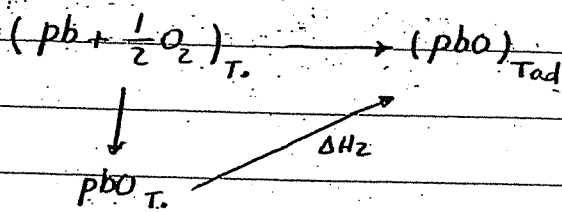
ممكن است در حين الیودون pb در حالت آدیاباتیک بدون زود شود پس باید (ما که را طوری تعیین کنیم که T_{ad} برابر دما به زود شود



اگر دمای اولیه کمتر از مقدار محسوس

باشد مقدار PbO را که خواستیم محسوس است در دما دهنده ها وارد می کنیم

که در دما خواهد



$$I, \Delta H_2 = \int_{T_0}^{T_{ad}} C_P^{PbO} dT$$

$$T_{ad} < T_m^{PbO} \quad (1)$$

$$II, \Delta H_2 = \int_{T_0}^{T_m} C_P^{(PbO)_s} dT + \Delta H_m^{(PbO)} + \int_{T_m}^{T_{ad}} C_P^{(PbO)_l} dT \quad T_{ad} > T_m^{PbO} \quad (2)$$

$$III, \Delta H_2 = \int_{T_0}^{T_m} C_P^{(PbO)_s} dT + x \Delta H_m^{(PbO)} \quad T_{ad} = T_m \quad (3)$$

* (عبارت T_0 به T_m رسید و مقداری از فرآورده زود شد

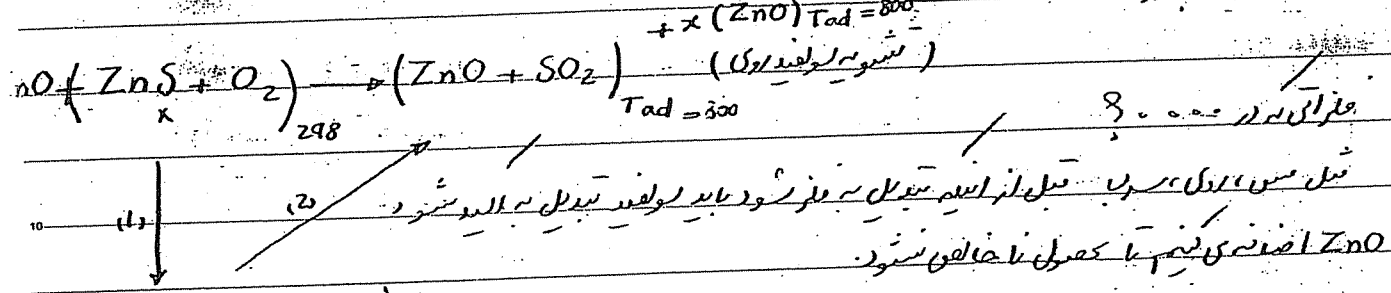
اگر T_{ad} را استفاده کردیم باید دما را به جوار باشد اگر نبود باید از II استفاده کنیم

اگر از II استفاده کردیم T_{ad} کوچکتر درآید از رانگی III استفاده می کنیم

AZAD

از یونین (III) برای حل مسئله استفاده می کنیم چون ۱- معادله درجه ۱ است ۲- در جواب ندارد
 یعنی اگر $x=0$ نبود می شود مشخص کرد که اکسید از دو حالت (۱) و (۲) است.
 اگر $x=0$ حالت را برقرار است و اگر $x \neq 0$ از حالت (۲) استفاده می کنیم

تقریباً تعیین شد سولفید روی را با چند درصد اکسید (تقریباً) نسبت به اکسید اکسید کربن
 در $800K$ بخاطر نند.



$$\Delta H_1 = \Delta H_{ZnO}^{\circ} + \Delta H_{SO_2}^{\circ} - \Delta H_{ZnS}^{\circ} = -350.5 - 296.8 - (-205.2) = -441.6$$

ZnO اضافی دارد و آتش خواهد زد!

$$\Delta H_2 = \int_{298}^{800} \left[C_P^{SO_2} + (1+x) C_P^{ZnO} \right] dT, \quad \Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$$

به روشی آید.

چون $800K$ از دمای ذوب کمتر است از حالتی که استفاده کردیم

$$\Delta H_2 = 49.96(800-298) + \frac{4.77 \times 10^{-3}}{2} (800^2 - 298^2) + (10.46 \times 10^5) \left(\frac{1}{800} - \frac{1}{298} \right)$$

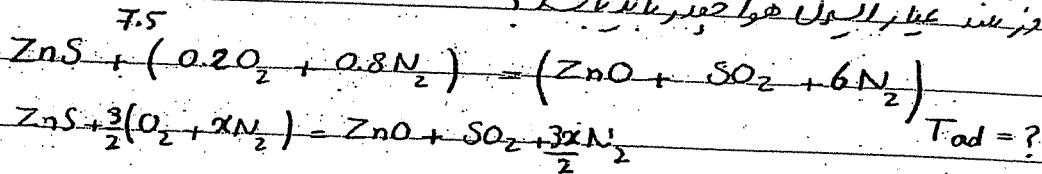
$$+ (x+1) \left[48.99(800-298) + \frac{5.1 \times 10^{-3}}{2} (800^2 - 298^2) + (9.12 \times 10^5) \left(\frac{1}{800} - \frac{1}{298} \right) \right] =$$

$$24191.9 + (x+1) 24078.1 = 441600 \rightarrow x = 16.33$$

$$\frac{16}{16}$$

* طبق قانون پای ΔC_p منفرجه در ΔH تبدیل

تمرین - تعیین کنید دمای آبرسان برای تسویه هوا چقدر است؟ برای این دمای آبرسان
 در 800K گاز نیتروژن عیار اکسیژن هوا چقدر باید باشد؟



$$\Delta H_1 = \Delta H_{\text{ZnO}}^\circ + \Delta H_{\text{SO}_2}^\circ - \Delta H_{\text{ZnS}}^\circ < 0 \quad \Delta H_2 = \int_{298}^{800} \left[C_p^{\text{ZnO}} + C_p^{\text{SO}_2} + \left(\frac{3x}{2}\right) C_p^{\text{N}_2} \right] dT$$

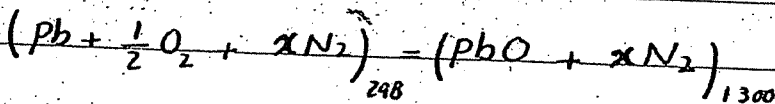
$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = 0 \quad \Delta H_2 = (48.99(800-298)) + \left(\frac{5.1 \times 10^{-3}}{2} (800^2 - 298^2)\right) + \left(9.12 \times 10^{-5} \left(\frac{1}{800} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$+ (49.96(800-298)) + \left(\frac{4.77 \times 10^{-3}}{2} (800^2 - 298^2)\right) + \left(10.46 \times 10^{-5} \left(\frac{1}{800} - \frac{1}{298}\right)\right)$$

$$+ \frac{3x}{2} \left[30.42(800-298) + \frac{2.54 \times 10^{-3}}{2} (800^2 - 298^2) + \left(2.37 \times 10^{-5} \left(\frac{1}{800} - \frac{1}{298}\right)\right) \right]$$

$$= 48270 + \frac{3x}{2} (15471.80) = 442100 \quad \Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$$

تمرین - 1 mol سرب را با هوای غنی شده از اکسیژن تسویه کنید. دمای آبرسان 1300K است. عیار اکسیژن در
 هوای مصرفی چقدر است؟



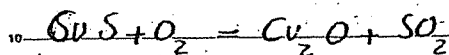
$$\Delta H = \Delta H_{298}^\circ + \int_{298}^{T_m(\text{PbO})} C_p(\text{PbO})^s dT + \int_{298}^{T_m(\text{PbO})} x C_p(\text{N}_2) dT + \Delta H_m(\text{PbO})$$

$$+ \int_{T_m(\text{PbO})}^{1300} (C_p(\text{PbO})^e + x C_p(\text{N}_2)) dT = \Delta H_{298}^\circ + \int_{298}^{T_m(\text{PbO})} C_p(\text{PbO})^s dT$$

$$+ x \int_{298}^{1300} C_p(\text{N}_2) dT + \Delta H_m(\text{PbO}) + \int_{T_m(\text{PbO})}^{1300} C_p(\text{PbO}) dT = 0 \rightarrow$$

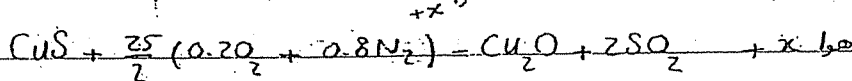
در ورودی	در خروجی	لوایه:
* سوخت - متانول	* واکنش های کربانی	
* واکنش های کربانی	* کربانی که سوخت محسوس	$\int_{T_i}^{T_{ad}} \sum C_p dT$
	* تداوم حرارتی	

نکته: - سوخت در درون رآکتور به حالت متجانس می شود. (Fluidized bed)



در صورتیکه از یک حالت حرارتی به حالت دیگر می شود رآکتور به چند درجه حرارتی اضافی

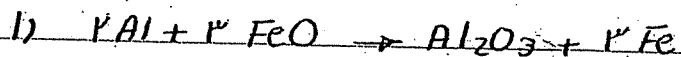
باید پرداخت تا زمانی که دما به 600K برسد.



$$\text{موازنه: } x = 1.5 \rightarrow n_{\text{کل}} = 0.5 + 1.5 = 2$$

$$\%O_2 = \frac{0.5}{2} \times 100$$

مثال - گرمای واکنش زیر را در دمای 10°C و 850°K در شرایط استاندارد محاسبه کنید.



$$\Delta H_{298} = \Delta H_{\text{Al}_2\text{O}_3}^\circ - 3\Delta H_{\text{FeO}}^\circ = -210,4 \text{ Kcal/mol}$$

$$\Delta H_{850} = \Delta H_{298} + (Q_P - Q_R)_{298-850} =$$

مقدور می

$$C_P(\text{Al}_2\text{O}_3) = 27.3 + 3 \times 10^{-3} T - 8.2 \times 10^{-5} T^{-2} \quad (298-1800)$$

$$C_P(\text{Fe}) = 4.18 + 8.92 \times 10^{-3} T \quad (298-1033)$$

$$C_P(\text{Al}) = 4.94 + 2.96 \times 10^{-3} T \quad (298-932)$$

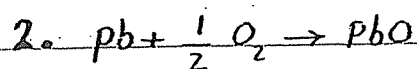
$$C_P(\text{FeO}) = 11.66 + 2 \times 10^{-3} T - 0.65 \times 10^{-5} T^{-2} \quad (198-1700)$$

چون تغییرات داریم $Q_P - Q_R$ را با استفاده از شرایط استاندارد محاسبه می کنیم.

$$\Delta H_{850}^\circ = -210,4 \times 10^3 + \int_{298}^{850} \Delta C_P dT$$

$$\Delta C_P = C_P(\text{Al}_2\text{O}_3) + 3C_P(\text{Fe}) - 2C_P(\text{Al}) - 3C_P(\text{FeO}) = \Delta a + \Delta b \times 10^{-3} T + \Delta c \times 10^{-5} T^{-2}$$

$$\int_{298}^{850} \Delta C_P dT = \Delta a (850 - 298) + \frac{\Delta b \times 10^{-3}}{2} (850^2 - 298^2) - \Delta c \times 10^{-5} \left(\frac{1}{850} - \frac{1}{298} \right)$$



$$\Delta H_{298}^{\circ} - \Delta H_{\text{PbO}}^{\circ} - 0 - 0 = -52.4 \text{ Kcal} = -219 \text{ KJ}$$

$$\Delta H_{850}^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} + (Q_P - Q_R)_{298-850}$$

1) $\Delta H_m^{\circ}(\text{Pb}) = 1150 \text{ cal}$

$$C_P(\text{Pb})^S = 5.63 + 2.33 \times 10^{-3} T \quad (298-600)$$

$$C_P(\text{Pb})^L = 7.75 + 0.74 \times 10^{-3} T \quad (600-1200)$$

$$C_P(\text{PbO})^S = 9.05 + 6.4 \times 10^{-3} T \quad (298-1159)$$

$$C_P(\text{O}_2) = 7.16 + 10^{-3} T - 0.4 \times 10^{-5} T^2$$

$$Q_P - Q_R = \int \Delta C_P dT, \quad Q_P = \int_{298}^{850} C_P(\text{PbO}) dT = 9.05(850-298) + \dots$$

$$Q_{R1} = \int_{298}^{850} \left(\frac{1}{2} C_P(\text{O}_2) \right) dT = \dots$$

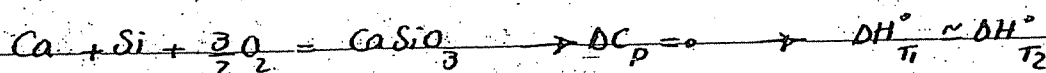
$$Q_{R2} = \int_{298}^{600} C_P(\text{Pb})^S dT + \Delta H_m^{\circ}(\text{Pb}) + \int_{600}^{850} C_P(\text{Pb})^L dT =$$

$$5.63 \times (600-298) + \dots + 1150 + 7.75(850-600) + \dots =$$

* چنانچه در یک فرایند دما تغییر نکند و در آن صورت ΔH و ΔC_P مستقل از دماست.

$$\Delta C_P = 0 \rightarrow \Delta H_{T1}^{\circ} \sim \Delta H_{T2}^{\circ}$$

$$\text{مثال) } C_P(\text{CaSiO}_3) = C_P(\text{Ca}) + C_P(\text{Si}) + \frac{3}{2} C_P(\text{O}_2)$$

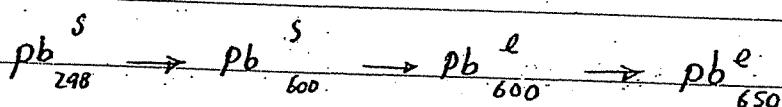


* آکسیژن - برای زدن سرب در سرب کوره‌ای از سوخت طاری (CH_4) استفاده می‌شود. در صورتی که لازم باشد

فشار سرب ۵۰ درصد افزایش می‌دهند! (۵۰ درصد از نقطه‌ای زدن بالاتر رود)

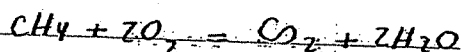
در زمانه‌های سابق سرب زدن کیمیا با فوسفات و اسید سولفوریک ۸۰ درصد در زمانه‌های جدید تر با کربن سوخت طاری مورد

نیاز است. فوسفات می‌شود طار در مشعل با دمای ایزه ۲۹۸۰ کیلوکلوین



$$\Delta H = \int_{298}^{600} C_p(\text{Pb})^s dT + \Delta H_m + \int_{600}^{650} C_p(\text{Pb})^l dT = Q_1$$

گرمای مورد نیاز



$$\Delta H^{\circ}_{298} = 2\Delta H^{\circ}_{\text{H}_2\text{O}(g)} + \Delta H^{\circ}_{\text{CO}_2} - \Delta H^{\circ}_{\text{CH}_4} = Q_2 \quad (\text{برای } 1 \text{ mol } \text{CH}_4)$$

از مواد اولیه در سوخت در دمای کیمیا سوزند با آن کار خواهد شد

$$Q_{\text{Pb}} = \frac{10 \times 10^3 \times 10^3}{M_{\text{Pb}}} \times Q_1$$

برای ۱۰ اس

$$\frac{Q_{\text{Pb}}}{80\% Q_2} \times 22.4 \times 10^{-3} = \text{تلفات طار در زمانه}$$

آکسیژن - حد اکثر دمای شعله در سرب مشعل به چه عواملی بستگی دارد. چنانچه خواهیم دید دمای نقطه‌ای زدن ۴۰۰۰ کلوین را در سرب کوره زدن کیمیا با فوسفات و اسید سولفوریک ۸۰ درصد در زمانه‌های جدید تر با کربن سوخت طاری مورد نیاز است.

- عیار اکسیژن مفری برای سوخت هر چه بیشتر باشد دمای سرب خواهد بود

- دمای سرب به نوع سوخت و ظرفیت گرمایی دارد

قانون دوم گرمی و سرمایہ

* طایفه قانون اول و دوم هر دو سیانند و هر دو از شهرهای راسا هستند

۴- قانون اول: بهمد برابری H اصفان یا سه‌گی نروای دانش‌های سجی در شالطی روحی ثابت را از اهرام می‌تند.

۱ قانون دوم: میزان منابع S و G ای که پذیرش کنند یا نپذیرند، عوامل را می توانیم پیش بینی کنیم.

در قانون اول در محاسبه H و L مهم نبود کول اینها کی شور یا نه. و در قانون دینال این هست که به آب و انش
اینجا شکی است یا نه و اگر منفی در هر سطحی اینها کم تر خواهد شد.

10
 خالوں کو مسکینوں کی خدمت اور غلط تصور دنیا میں سلجھانے والی زیرِ فتنی مالا لایا کرتے ہیں۔۔۔۔۔ تو یہ غلط تصور نہیں ہے۔ جمع
 کروں گی۔۔۔۔۔

۶- در حال سیر و مسند (مقابل)

исх. 10, 11

4. در حال تحول خود هستند - تحول طبیعی - تحول در سبیل (در این زمان است)

کول اور سیل خفیہ انداز میں اس وقت اعداد و احوال کو کلاتے ہیں اور سیل وہ بند ہے ایسا ہی سمجھو

۱۱. فعالیتوں کی خواہش بڑھانے : (۱) مصنفینِ تعالیٰ کا دست؟

۱۲) حجت گوالات خود در خود را طرف است ؟

آنژی : (ی) تعریف : به عنوان بسیاری از درجه‌های خود به خودی (irreversibility) فرآیندهای آنژی شده است.

اللہ رحمت کی خود بخود صفوں سے مستفید ہونے والی اس بات

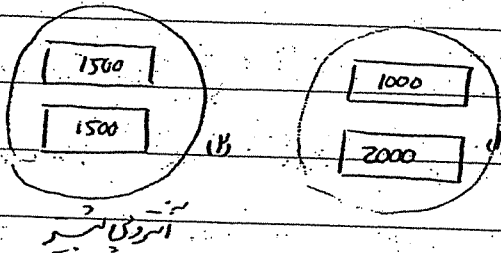
$$ds = \frac{89}{T}$$

۱- ترجمه و تفسیر علامه : الفهرست التوسعی بر اربع اصول فارسی مندرج در سوره فیه T

۷- موجودیت آماری آنتروپی به عنوان (mixed-up-ness) سیستم یاررجی بی نظمی نسبی دارد

$$S = -K \ln \omega \quad (\text{یاررجی بی نظمی است})$$

mixed-up-ness



به نظری شلوغی خواهد بود

است

خودآشوبی به طور خودبه خود انجام شود آنتروپی افزایش

خواهد یافت

وقتی سیستم از حالت خودبه خود تبدیل می شود پس آنتروپی ۲ بیشتر

خواهد بود

بر اساس نیاز نمی دانیم از قانون دوم

$$(۱-) \quad \Delta S_{\text{کل}} = \Delta S_{\text{سیستم}} + \Delta S_{\text{محیط}} \quad \text{اگر } \Delta S_{\text{کل}} \text{ باشد کول غیر ممکن است}$$

$$(۲-) \quad \Delta S_{\text{کل}} = \Delta S_{\text{سیستم}} + \Delta S_{\text{محیط}} > 0 \quad \text{در یک کول خودبه خود}$$

اگر ΔS داشته باشیم یعنی شد دانستن درجه بی نظمی همان به طور خودبه خود انجام خواهد شد

$$\Delta S_{\text{universe}} = \Delta S_{\text{irr}} = S_{\text{اولی}} \quad (\Delta S_{\text{uni}} = \Delta S_{\text{سیستم}} + \Delta S_{\text{محیط}})$$

* در اثر کول خودبه خود آنتروپی همان سیستم افزایش می یابد پس آنتروپی تولید شده

* ΔS_{irr} نشانه هندی درجه بی نظمی خودبه خود کول میوه است (هرچه بی نظمی باشد کول خودبه خودی را

درجه کوچک شود کول به حال تعادل نزدیک شود)

* بیشتر ΔS_{irr} کول استناد دارد در خلا است (چون غیر در سبیل کول کول استناد دارد در خلا است)

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

* $\Delta S = \Delta S$ منبع گرایی خواص بود

* چون احوال منفع داران تمام است پس کمالی که آن را حق خواهد بود

تصنيف لخواص الزبدية (الزبد) - ٨٥٤٠
لخواص الزبدية (الزبد) - ٨٥٤٠

$$\Delta S_{\text{system}} = - \frac{q_{\text{rev}}}{T}$$

$$\Delta S_{\text{system}} = -\Delta S_{\text{surroundings}}$$

لا رقص و طایف منبع و مستم می باشد گویا روزی که خواهر در

$$\frac{\Delta S_{\text{rev}}}{T} = \frac{q_{\text{rev}}}{T}$$

ds = 89 (rev)
+ 1

مکملہ سہ ماہی
الانسان والکائنات

خواص تابع آتروپی :

۱- الترویج للذات تابع مقدار الاستعداد

آیتوں کی جامع خلاصہ مستقیم استاذ و سرگول تفسیر مولانا

نعم انما التوكل سبب در گنج نماند هندی در حدیث خود بر خودی که کول هندی

۱/ آیا شدنی است که برای تابع حالت است: پس چگونه از روی آن گویا از روی دیگر اصل مشخص می شود؟

۵۵ - سیستم به تندی تا خارج حالت است و تندی به در در سبیل و با غیر در سبیل بودن ندارد اما مجموعه کی $AS + AS$ سیستم
تا خارج سیر است. به تندی تا خارج در سبیل و تندی تا خارج.

مقرر فاسلہ فقہ کی آغا زوہد خان علی صاحب دینی لکوال فقیرانہ اشرفی راہم در حالت بدر نسل و در حالہ غیر بدر نسل از واسطہ معرفت
محول از دستم

مثال - تبدیل آن ۱۰۰ در کلاس با سه منبع حرارتی به صورتی انجام شود که کار آن ۱۰۰ تبدیل می شود و توان سه منبع
تولید ۳۷۳ K، ۳۰۰ K، ۴۰۰ K است. در سیستم در یک واحد در کلاس تبدیل و تا آخر به منابع اولی
تولید آن کند.

* درکول خورده خور $\Delta S_{\text{محیط}} + \Delta S_{\text{سیستم}} = \Delta S_{\text{کل}} = 0$ — انرژی برای لایه‌های سرد

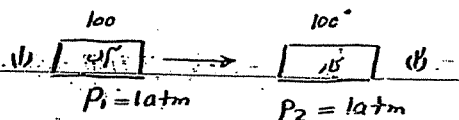
40 kJ = L_ه = q

Page: ()

منبع حرارتی T | 373
300
400

آنتروپی فقط منتقل
نمی شود

Date: _____
Subject: _____



در طول این فرآیند تغییر آنتروپی کل سیستم و محیط هم برابر است

$\Delta S_{\text{سیستم}} = S_2 - S_1$ $T_1 = 373 \rightarrow$ منبع حرارتی است دارد $q < 0$ $\Delta S_1 = \frac{-40 \text{ kJ}}{373}$

ΔS_1 سیستم \rightarrow چون T منبع و سیستم یکسان است $\rightarrow \Delta S_1 = \frac{+40}{373}$

$T_2 = 300$, $\Delta S_{\text{سیستم}} = S_2 - S_1 = \frac{+40}{373}$ (حالت اولیاتی است)

$\Delta S_{\text{ر}} = \frac{-40}{300}$, $\Delta S_{\text{سیستم}} + \Delta S_{\text{محیط}} \rightarrow$ در دما 300K آنها تغییرات وجود دارد

$T_3 = 400 \rightarrow \Delta S_{\text{سیستم}} = \frac{+40}{373}$, $\Delta S_{\text{محیط}} = \frac{-40}{400} \rightarrow \Delta S_{\text{سیستم}} + \Delta S_{\text{محیط}} > 0$ \rightarrow کار خالص
خود بخود است
irrev.

$\delta s_{\text{سیستم}} = \frac{\delta q_{\text{rev}}}{T}$ \rightarrow گرانی که در شرایطی که در دمای T در دسترس است

$\delta s_{\text{محیط}} = \frac{\delta q_{\text{محیط}}}{T} = \frac{-\delta q_{\text{سیستم}}}{T} = \frac{-\delta q}{T}$

$\delta s_{\text{uni}} = \delta s_{\text{irr}} = \delta s_{\text{سیستم}} + \delta s_{\text{محیط}} = \delta s_{\text{سیستم}} + \left(\frac{-\delta q}{T} \right)$

$\delta s_{\text{sys}} = \frac{\delta q_{\text{sys}}}{T} + \delta s_{\text{irr}}$

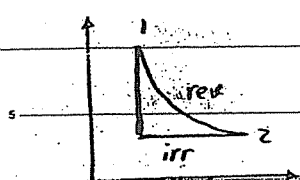
$\delta s_{\text{irr}} = \frac{\delta q}{T} + \delta s_{\text{irr}} = \frac{\delta q_{\text{rev}}}{T}$ \rightarrow معادله این را باید

$\delta s_{\text{rev}} \rightarrow \delta s = \frac{\delta q_{\text{rev}}}{T} + 0$

$\delta s_{\text{sys}} = \frac{\delta q}{T}$ \rightarrow برای هر کاری

چون δs_{irr} است

مثال - 1 مول گاز ایده آل در یک کول انورتکم منبسط شده و فشار آن $\frac{1}{4}$ نسبت به مقبلی می شود. جنبه های دمای اولیه 300 K باشد q ، w و ΔS را در دو حالت اول و دوم در پیل در پیل محاسبه کنید.



rev: $w = RT \ln \frac{V_2}{V_1} = RT \ln \frac{P_1}{P_2} = 300R \ln 4$

$\Delta U = 0$

$q = w = 300R \ln 4$

$dS = \frac{\delta q}{T} \rightarrow \Delta S = \frac{q}{T} = \frac{300R \ln 4}{300} = R \ln 4$

$\Delta S_{\text{محیط}} = ?$ $\Delta S_{\text{محیط}} + \Delta S_{\text{سیستم}} = 0 \rightarrow \Delta S_{\text{محیط}} = -R \ln 4$

irr: $\Delta S_{\text{سیستم}} = R \ln 4 = S_2 - S_1$ (تغییر آنتروپی دانه های یکسان است)

$\Delta S_{\text{محیط}} = \frac{q_{\text{محیط}}}{T} = \downarrow$

$\Delta U = 0 \rightarrow q = w$, $w = \int P_{\text{ex}} dV = \int P_2 dV = P_2 (V_2 - V_1) = P_2 \left(\frac{RT}{P_2} - \frac{RT}{P_1} \right)$
 $= RT \left(1 - \frac{P_2}{P_1} \right) = 0.75 RT$

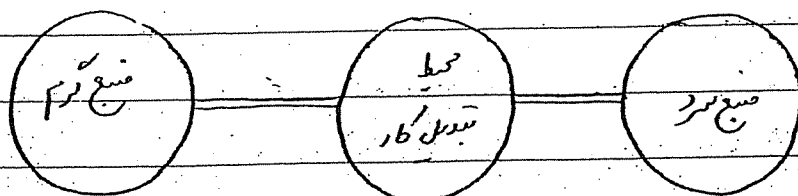
$q_{\text{محیط}} = -q_{\text{سیستم}} = -0.75 RT$

$\Delta S_{\text{محیط}} = \frac{-0.75 RT}{T} = -0.75 R$ $\Delta S_{\text{uni}} = \Delta S_{\text{irr}} = \overbrace{-0.75 R}^{\Delta S_{\text{محیط}}} + \overbrace{R \ln 4}^{\Delta S_{\text{سیستم}}} > 0$

* هر چه کول غیر در پیل برآید دما به کمتر می آید و باره خواهد شد (قدر مطلق کوچک تر) پس ΔS محیط به منفی است. بار خواهد شد و ΔS_{uni} بیشتر می شود و بار خواهد شد.

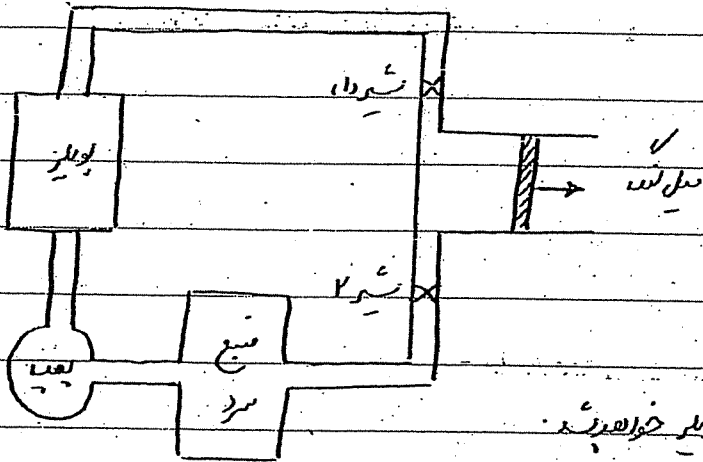
* در غیر در پیل یون کول سیستم $\Delta S_{\text{irr}} = \Delta S_{\text{سیستم}}$ خواهد شد و انبساط آزاد $T_2 = T_1 \leftarrow w = 0$

ماشین های حرارتی: ماشین های با بازدهی برابر با بار خواهد شد.

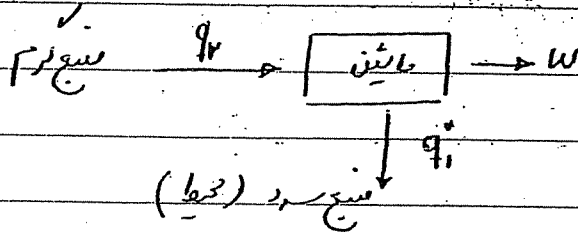


دارای سه قسمت است:

ماشین بخار :



شرایط کاری شود مستقر
به حالتی بود تا به آخرین نقطه
برسد پس از آن شرایط تغییر
نمی‌دهد و باز خواهد شد
تا کار به راحتی بتواند این کار را
خواهد شد و در این صورت و در این صورت



$$\eta = \frac{w}{q_r}$$

از این می‌دانیم

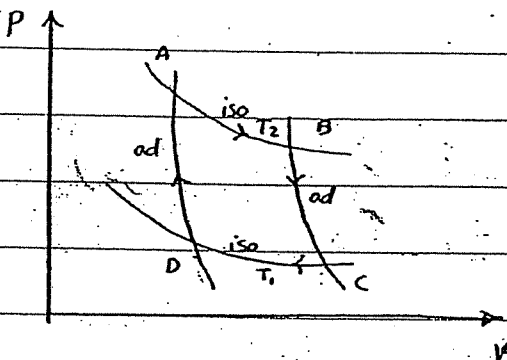
$$q_r = w + q_i$$

طبق اصل اول

$$\eta = \frac{w}{q_r} = \frac{q_r - q_i}{q_r} = 1 - \frac{q_i}{q_r}$$

سکال کارنو :

مادی عمل 1 mol گاز ایده‌آل
سکال کارنو : سکال کارنو



$$\eta = \frac{w}{q_2} = \frac{q_2 - q_1}{q_2} = 1 - \frac{q_1}{q_2}$$

$$w_{\text{net}} = w_{AB} + w_{BC} + w_{CD} + w_{DA}$$

$$w_{AB} = RT_2 \ln \frac{V_B}{V_A}$$

$$w_{CD} = RT_1 \ln \frac{V_D}{V_C}$$

$$q = 0 \rightarrow w_{BC} = -\Delta U = -C_v (T_C - T_B)$$

$$= -C_v (T_1 - T_2) = C_v (T_2 - T_1)$$

$$w_{DA} = -\Delta U = -C_v (T_2 - T_1)$$

$$AB \text{ در برابر } \Delta u = 0 \rightarrow q_{AB} - q_2 = w_{AB}$$

$$CD \text{ " : } \Delta u = 0 \rightarrow q_{CD} - q_1 = w_{CD}$$

$$w_{AB} = R T_2 \ln \frac{V_B}{V_A} + R T_1 \ln \frac{V_D}{V_C}, \quad q_2 = R T_2 \ln \frac{V_B}{V_A}$$

$$\eta = \frac{w}{q_2} = \frac{T_2 \ln(V_B/V_A) + T_1 \ln(V_D/V_C)}{T_2 \ln(V_B/V_A)}$$

$$P_B V_B^\gamma = P_C V_C^\gamma, \quad P_A V_A^\gamma = P_D V_D^\gamma$$

$$P_A V_A^\gamma = P_B V_B^\gamma, \quad P_C V_C^\gamma = P_D V_D^\gamma$$

28

سیارک در حال

$$\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

* هرگاه ماشین کار را در این حالتی توان

استفاده کرد

* بیشتر کار را در همان حالت حرارتی ماشین کار را است. * با حداقل توانی در یک حالتی حرارتی کار را می توان کرد

* کار منظم مقدار ثابت q_2 حداقل مقدار کار را به منبع سرد داده به کار می رود

* برای بالا بردن رانندگی: 1) توانی منبع سرد را کاهش دهیم 2) توانی منبع گرم را بالا ببریم

* نسبت $\frac{T_1}{T_2}$ هرگاه صفر شود یعنی رانندگی به بی نهایت می رسد به این معنی که اصل دوم ترمودینامیک نقض می شود

مثال

* T_1 را 27°C و T_2 را 27°C به نظر می آید اما در واقع T_1 و T_2 به معنی دما نیستند بلکه به معنی دما در آنجا است (با استفاده از آن) یعنی اگر T_1 و T_2 را افزایش دهیم

* T_2 را افزایش دهیم برای افزایش رانندگی T_1 را به حداقل خود برسانیم

20

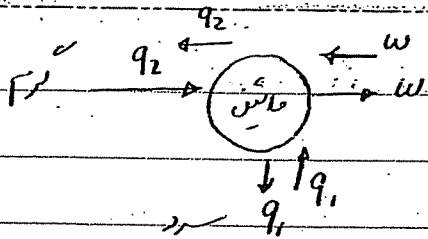
* اصل دوم ترمودینامیک از زبان طالعین و سخنرانی ماشین به معنی این است که در یک حالتی کار را می توان کرد

از یک منبع سرد به یک منبع گرم منتقل کند بدون اینکه کار را به کار می رود

* بیان طالعین و سخنرانی ماشین به معنی این است که در یک حالتی کار را می توان کرد

به کار تبدیل کند بدون اینکه کار را به کار می رود

به ظاهر این در بیان مقدار است در حالی که هر دو به معنی این است که اصل دوم ترمودینامیک نقض می شود



در یک ماشین حرارتی:

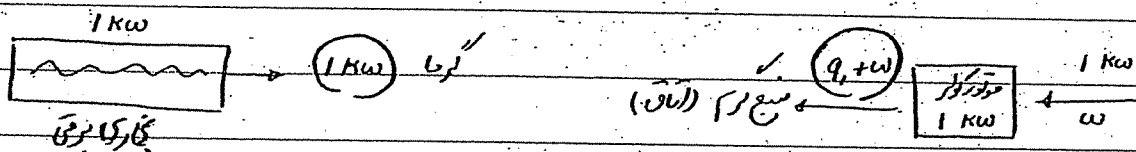
کارایی: نسبت به کارهای ماشین را عکس می‌کنیم
(انتقال حرارت از منبع گرم به سرد خود به خود است اما عکس آن غیر ممکن است)

به ازای هر کارکنی بر ماده بیرون می‌دهد جنبه کارکنی بر ما هم خودش تولید می‌کند!

طرح: توانی q منفی خواهد شد...

چون یک سالن را می‌خواهیم گرم کنیم باید حرارتی کارفرما شرح کند و کار روشن می‌گردد.

کارفرما را از عکس کنیم بعد حرارتی خواهد شد. طبق اصل دوم کارفرما را می‌توانیم برای گرم کردن استفاده



q_1 منبع سرد
(منبعی بیرون)

* قانون دوم ترمودینامیک: تجربه معرفی تابع آنتروپی است:

$$\eta = 1 - \frac{q_1}{q_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{T_1}{T_2} \rightarrow \left(\frac{q_1}{T_1} \right) = \frac{q_2}{T_2} = \frac{q_3}{T_3} = \dots$$

$\frac{q}{T}$ مقداری ثابت و مستقل از
سیستم برای هر سطحی

نکته: در یک کنترل از حالت A به B مقدار کار انجام شده به وسیله‌ای که به کار می‌رود حد اکثر مقدار آن چقدر
است؟

$$du = \delta q - \delta w \rightarrow \delta w = \delta q - du$$

* هر چه فیران خود به خودی آگول بیشتر شود تولید آنتروپی کمتر و بالعکس

$$du = \frac{\delta q}{T} + ds_{irr} \rightarrow \delta q =$$

$$\rightarrow \delta w = T ds - T ds_{irr} \quad du \rightarrow w = T(s_b - s_a) - T \Delta s_{irr} - (u_b - u_a)$$

$$W_{max} \rightarrow \Delta s_{irr} = 0$$

* سیستم از حالت $A(P_1, V_1, T_1)$ به حالت $B(P_2, V_2, T_2)$ گول می‌یابد. گول ΔS تابع حالت است پس می‌توان آن را بر حسب P, V, T فرمول کرد.

$$du = \delta q - \delta w$$

$$\xrightarrow{\text{از گول برگردیم}} \xrightarrow{\text{کار ایدال}} \xrightarrow{\text{rev}} \xrightarrow{\text{rev}} C_v dT = T ds - P dv \rightarrow ds = C_v \frac{dT}{T} + P \frac{dv}{T}$$

$$\text{آنتروپی یک حالت ایدال} \rightarrow P = \frac{RT}{V} \rightarrow ds = C_v \frac{dT}{T} + R \frac{dv}{V}$$

$$\text{برای 1 mol} \quad \Delta S = S_2 - S_1 = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

فرض کردیم سیر برگردان است اما در سیر برگردان نیست. گول فقط ایدال را می‌توانیم داشته باشیم. فقط داریم.

گول آدیاباتیک - آنتروپی

$$\Delta s_{irr} = \Delta s_{sys} + \Delta s_{خط}$$

$$\text{در گول آدیاباتیک} \quad q_{خط} = 0 \rightarrow \Delta s_{irr} = \Delta s_{sys}$$

پس فقط برای Δs_{sys} کفایت می‌کند. $\Delta s_{خط} = 0$ قابل داریم. گول خود به خودی را داریم. ما شد گول غیر خود به خودی است.

? ΔS به سیر بستنی ندارد. ما فقط می‌توانیم خود را داشته باشیم. گول فقط ایدال را می‌توانیم داشته باشیم. ΔS به سیر بستنی ندارد.

$$T_{max} \rightarrow \Delta S \rightarrow \text{غیر در مسیر کرن انبساط} \rightarrow \omega = 0$$

$$\dot{q} = 0 \rightarrow \Delta U = -\omega$$

Page: ()

Date:

Subject:

$$\rightarrow \omega = -C_p \Delta T = 0 \rightarrow T_2 = T_1$$

مثال - ضایع - 1 mol گاز ایده آل با دمای 400° همبست شود. حجم آن برابر شود حداقل در حالت دمای چقدر است؟

$$\Delta S = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta S_{irr} = \Delta S_{sys} = C_v \ln \frac{T_2}{400} + R \ln 2 \rightarrow \Delta S_{irr} = \Delta S_{sys}$$

$$T_{min} = ? \rightarrow \Delta S = 0$$

چون ΔS_{irr} است پس ΔS_{sys} معرست.

252

$$T_{max} = 400^\circ$$

هر چه P_{ex} کم باشد کرن بیشتر خودی است اگر $P_{ex} = 0$ باشد

$\omega = 0$ هیچ کار انجام نشود پس دما هم تغییر نکرده است

سیستم معادله حرکت ندارد $T_{max} = 400$

$$ds = \frac{\delta q_{rev}}{T}$$

تأیید آنتروپی از معادله فشار ثابت

$$\delta q = dH = C_p dT \quad \text{در فشار ثابت}$$

$$ds = \frac{dH}{T} \rightarrow ds = \frac{C_p}{T} dT = C_p d(\ln T)$$

ضایع سیستم در شرایط فشار ثابت تغییر دما دهد - با اینکه دمای آن ثابت است از این رابطه استفاده می شود

$$\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{P_1}{P_2} \quad \Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$C_p - C_v = R \rightarrow C_v = C_p - R$$

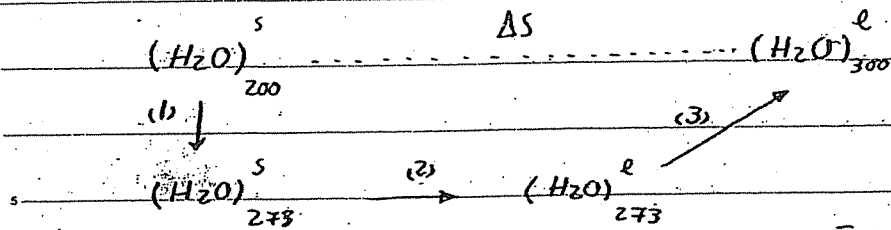
$$\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$V = \frac{RT}{P} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \frac{P_1}{P_2}$$

$$\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{P_1}{P_2} = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{P_1}{P_2}$$

AZAD

مثال - محاسبه تغییرات کانسول تغییرات در 1 mol H_2O دمای از 200 K تا 300 K برآورد



چون هم تغییر دما داریم هم
تغییر دما کانسول می توانیم
برای محاسبه

ΔS یک کانسول در سبیل است (چون دما و کانسول تغییر می کند)
است - ترکیبی

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$$

$$\Delta S = \int_{200}^{273} \frac{C_p^{H_2O s}}{T} dT + \frac{\Delta H_m}{273} + \int_{273}^{300} \frac{C_p^{H_2O l}}{T} dT$$

ما ΔH_m داریم ΔS_m هم داریم

$$\Delta S_t = \frac{\Delta H_t}{T_t} \quad \text{(در دمای تغییر می کند)}$$

همواره داریم:

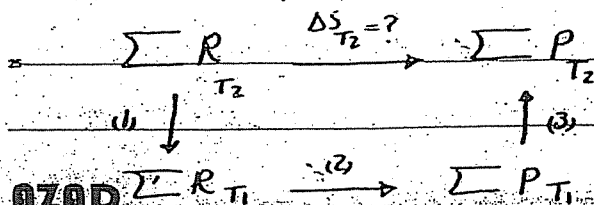
اگر دما را از 500 بریزیم ΔS تغییر می کند. از این طریق می توانیم دمای تغییرات را
و اگر دما را از 5- این هم می شود از این طریق می شود

$$[aA + bB - cC + dD]_T \quad \Delta S \text{ استاندارد شیمیایی}$$

$$\Delta S = cS_c + dS_d - aS_a - bS_b \quad \text{اگر دما T مشخص باشد}$$

ما مقدار ΔS برای عناصر در دمای 298 K استاندارد دما 298 K در جدول موجود است

در دما 298 K استاندارد دما 298 K



ΔS در دمای غیر 298

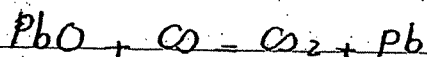
$$\Delta S_{T_2} = \Delta S_{T_1} + (\Delta S_p - \Delta S_r)_{T_1 \rightarrow T_2}$$

AZAD

* $\Delta S_{T_2} = \Delta S_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \frac{\Delta C_p}{T} dT$ * اگر تغییر دما داشته باشیم

$$\Delta S_1 = \int_{T_2}^{T_1} \sum C_p^R / T dT$$

مثال - ΔS° واکنش زیر را در دما 800K محاسبه کنید



$$\Delta S_{298}^\circ = S_{Pb}^\circ + S_{CO_2}^\circ - S_{PbO}^\circ - S_{CO}^\circ = 175.3 + 213.7 - 66.3 - 197.5 = 125.2 J/mol$$

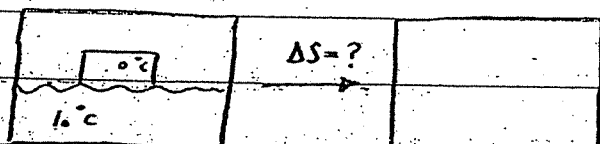
$$\Delta S_{800} = \Delta S_{298} + (\Delta S_P - \Delta S_R)_{298-800}$$

$$\Delta S_P = \int_{298}^{600} \frac{C_p^{CO_2} + C_p^{PbS}}{T} dT + \frac{\Delta H_m}{600} + \int_{600}^{800} \frac{C_p^{CO_2} + C_p^{PbS}}{T} dT$$

$$\Delta S_R = \int_{298}^{800} \frac{C_p^{CO} + C_p^{PbO}}{T} dT$$

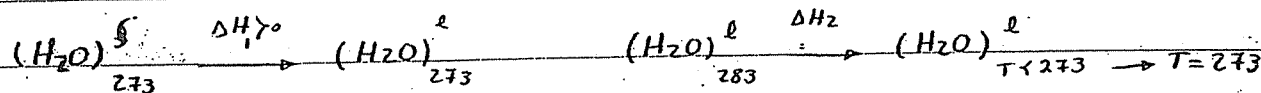
$$\begin{aligned} \Delta S_P &= (44.14 + 24.23) \ln\left(\frac{600}{298}\right) + (9.04 + 8.7) \times 10^{-3} (600 - 298) + 8.5 \times 10^{-5} \times \frac{1}{2} \left(\frac{1}{600^2} - \frac{1}{298^2}\right) \\ &+ \frac{(64.8)}{600} + (44.14 + 32.49) \ln\left(\frac{800}{600}\right) + (9.04 - 3.1) \times 10^{-3} (800 - 600) \\ &+ \frac{1}{2} \cdot 8.5 \times 10^{-5} \left(\frac{1}{800^2} - \frac{1}{600^2}\right) = 72.42 \end{aligned}$$

تمرین - در داخل یک ظرف انزوله 143.6 گرم آب و 189 گرم یخ در دما 0°C مخلوط کرده ایم. تغییر آنتروپی سیستم را پس از این عمل به تعادل محاسبه کنید و نتیجه را تفسیر نمایید.



شما باید تعادل را محاسبه کنید و نتیجه را تفسیر کنید. اگر تعادل را محاسبه کنید، می‌توانید ببینید که آیا سیستم به تعادل رسیده است یا نه. اگر نه، باید دوباره محاسبه کنید.

پس (بخ + آب) → (بخ) ؟ (آب) ؟ (آب) ؟



* اگر $\Delta H_1 = \Delta H_2$ در این صورت بخ کاملاً ذوب شده و فقط آب مایع $0^\circ C$ داریم - آب منفرجه

* اگر $\Delta H_2 < \Delta H_1$ در این صورت کمی از بخ ذوب شده - آب + بخ مایع منفرجه

* اگر مقدار بخ کم باشد بخ ذوب شده ولی قطره منفرجه نماند - آب مایع شبیه آب منفرجه

$$\Delta H_1 = n \Delta H_m^{H_2O} = 1436 \text{ cal}$$

$$\Delta H_2 = \int_{283}^{273} n C_P^{H_2O} dT = \frac{143.6}{18} \int_{283}^{273} C_P^{H_2O} dT, \quad C_P^{H_2O} = 18$$

$$\Delta H_2 = 143.6 (273 - 283) = -1436 \text{ cal}$$

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = 0 \rightarrow \text{آب منفرجه}$$

اگر ۱۰ اصل بخ را بشماریم اصل آن آب می شود پس در نهایت $(18 + 143.6)$ آب داریم در ۹ اصل بخ

$$\Delta S_1 = \Delta S_m = \frac{n \Delta H_m}{T_m} = \frac{1436}{273} = 5.3 \text{ cal/deg}$$

$$\Delta S_2 = \int_{283}^{273} n C_{P/T}^{H_2O} dT = \frac{143.6}{18} \times 18 \ln\left(\frac{273}{283}\right) = -5.16 \text{ cal/deg}$$

$$\Delta S_{\text{کل}} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 5.3 - 5.16 = 0.14 \text{ cal/deg}$$

تفسیر جواب : با توجه به اینکه $\Delta S_{\text{کل}} > 0$ ، مجموعه انرژی است (آرگمانت است)

$\Delta S_{\text{کل}} > 0$ نشان دهنده این است که ذوب شدن بخ در آب به گونه ای خود به خود است

حالت های دیگر جرم بخ تا آب را در نظر بگیرید و استدلال کنید

$$\frac{\Delta H_2}{\Delta H_1} = n \quad \text{تا بخ ذوب شود تا } T > 273 \quad n < 1$$

$$T = 273 \quad \text{مقدار بخ تا } n \text{ اصل ذوب شود} \quad n = 1$$

$$T < 273 \quad \text{آب مایع} \quad n > 1$$

$$\eta = \frac{w}{q_2} = \frac{T_2 \ln(v_B/v_A) + T_1 \ln(v_D/v_C)}{T_2 \ln(v_B/v_A)} \quad \text{از این دو اسات 25}$$

$$P_A v_A = P_B v_B, \quad P_D v_D = P_C v_C \quad \text{از طرفی طبق کولان از این دو اسات 25}$$

$$\text{و طبق کولان DA, BC add}$$

$$P_A v_A^\gamma = P_D v_D^\gamma \rightarrow \frac{P_A}{P_D} = \left(\frac{v_D}{v_A} \right)^\gamma$$

$$P_B v_B^\gamma = P_C v_C^\gamma \rightarrow \frac{P_B}{P_C} = \left(\frac{v_C}{v_B} \right)^\gamma$$

$$\text{طبق کولان از این دو اسات 25} \quad \frac{P_A v_A}{P_D v_D} = \frac{P_B v_B}{P_C v_C} \rightarrow \frac{P_A}{P_D} = \frac{P_B v_B v_D}{P_C v_C v_A}$$

$$\text{add} \quad \left(\frac{v_D}{v_A} \right)^\gamma = \left(\frac{v_C}{v_B} \right)^\gamma \cdot \frac{v_B v_D}{v_C v_A} \rightarrow \left(\frac{v_D}{v_A} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{v_C}{v_B} \right)^{\gamma-1}$$

$$\text{نسبت 1-2 از طرف} \quad \frac{v_D}{v_A} = \frac{v_C}{v_B} \rightarrow \frac{v_D}{v_C} = \frac{v_A}{v_B}$$

$$\text{حساب می کنیم از این دو اسات 25} \quad \eta = \frac{T_2 \ln(v_B/v_A) + T_1 \ln(v_A/v_B)}{T_2 \ln(v_B/v_A)}$$

$$\rightarrow \eta = \frac{T_2 \ln(v_B/v_A) - T_1 \ln(v_B/v_A)}{T_2 \ln(v_B/v_A)} \rightarrow \eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

Degradation of Energy

آفرینش انرژی - تحلیل رتق انرژی

- در اثر فاسد شدن انرژی رتق انرژی تولید می شود.

فاسد شدن انرژی (تحلیل رتق انرژی) یعنی چه؟

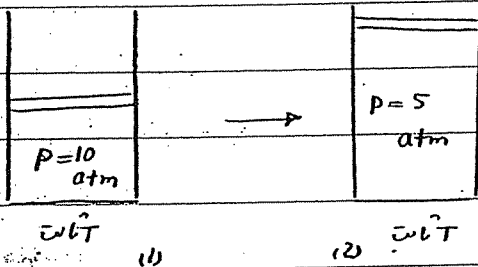
انرژی دو نوع است: نوع عالی - در هندز برای از انرژی قابل تبدیل به کار است.

نوع پست - در هندز برای از آن قابل تبدیل به کار نیست (مثلاً تبدیل به کار پست).
هر دو از نظر مقدار عین به هم است مثلاً هر دو 1000 J هستند.

تبدیل انرژی از نوع عالی به نوع پست را Degradation energy گویند.

* وقتی انرژی از نوع عالی به نوع پست تبدیل می شود معادل آن به انرژی تبدیل می شود.

سیستم از حالت مشخص به حالت مشخص (2)



در هر دو حالت سیستم از دما به دما در دو حالت
تفاوت است و توانایی سیستم از حالت 1 به بعد
برای انجام کار کمتر است.

حد اکثر انرژی مقدار از سیستم طوری کنیم $w = RT \ln 2$ rev

کار انجام شده و وقتی به دما رسید دیگر نمی تواند برود و کار
انجام دهد. یعنی $w_{rev} - w_{irr}$ از انرژی تحلیل رتق
طی این فرآیند می شود.

- رتق شدن انرژی از بین برنده انرژی از روی وجود دارد اما قابل تبدیل به کار نیست.

* (رابطه است) * $\Delta S_{universe} = \frac{w_{rev} - w_{irr}}{T} = d.E$
انرژی تحلیل رتق = $w_{rev} - w_{irr}$

$$\Delta V_{\text{ref}} - \Delta V_{\text{irr}} \rightarrow q_{\text{rev}} - w_{\text{rev}} = q_{\text{irr}} - w_{\text{irr}}$$

تغییر آنتالپی استاندارد

(I) در شرایط فشار و دمای ثابت در یک خودگردی همواره $dG \leq 0$ است. $G = H - TS$

$$dG = dH - Tds, \quad dH = \delta q_p, \quad ds = \frac{\delta q_p}{T} + ds_{irr} \rightarrow \delta q_p = Tds + Tds_{irr}$$

$$\rightarrow dG = \delta q_p - Tds = Tds + Tds_{irr} - Tds = Tds_{irr} \rightarrow \Delta G = T\Delta s_{irr}$$

از این به دست می آید که در یک خودگردی $\Delta s_{irr} > 0$ است پس در یک خودگردی همواره $\Delta G < 0$ است

(II) در شرایط حجم و دمای ثابت در یک خودگردی همواره $dA \leq 0$ است. $A = U - TS$

$$dA = dU - Tds, \quad \text{در چگالت} \quad dU = \delta q - \delta w \quad \text{طبق اصل اول ترمودینامیک} \rightarrow dU = \delta q_v$$

$$ds = \frac{\delta q_v}{T} + ds_{irr} \rightarrow \delta q_v = Tds + Tds_{irr}$$

$$\rightarrow dA = \delta q_v - Tds = Tds + Tds_{irr} - Tds = Tds_{irr} \rightarrow \Delta A = T\Delta s_{irr}$$

و باز هم چنان به دست می آید که در یک خودگردی $\Delta s_{irr} > 0$ است همواره $\Delta A < 0$ خواهد بود

نکته - نشان دهید چنانچه سیستم در اثر یکول در دما ثابت به یک کار $p\delta v$ مقدار w' کار غیر استیجانی این کرده ΔG_{sys} نشان دهنده \max مقدار کار مفید غیر استیجانی است که می شود از سیستم گرفت

$$dG = dH - Tds, \quad H = U + p\delta v \rightarrow dH = dU + p\delta v + vdp = dU + p\delta v$$

$$\rightarrow dU = \delta q - \delta w = Tds - \delta(w_e + w') \quad , \quad \delta w_e = p\delta v$$

$$\rightarrow dG = Tds - \delta w_e - \delta w' + p\delta v - Tds = -\delta w' \rightarrow \Delta G = -w'$$

۱۱. A

25/6

[Handwritten signature]

 ΔG_{sy} ΔG_{unc}

A 50

$$A = 0$$

020

۸. A و G : H ، K ، L ، M ، N ، O ، P ، Q ، R ، S ، T ، U ، V ، W ، X ، Y ، Z ، AA ، AB ، AC ، AD ، AE ، AF ، AG ، AH ، AI ، AJ ، AK ، AL ، AM ، AN ، AO ، AP ، AQ ، AR ، AS ، AT ، AU ، AV ، AW ، AX ، AY ، AZ ، BA ، BB ، BC ، BD ، BE ، BF ، BG ، BH ، BI ، BJ ، BK ، BL ، BM ، BN ، BO ، BP ، BQ ، BR ، BS ، BT ، BU ، BV ، BW ، BX ، BY ، BZ ، CA ، CB ، CC ، CD ، CE ، CF ، CG ، CH ، CI ، CJ ، CK ، CL ، CM ، CN ، CO ، CP ، CQ ، CR ، CS ، CT ، CU ، CV ، CW ، CX ، CY ، CZ ، DA ، DB ، DC ، DD ، DE ، DF ، DG ، DH ، DI ، DJ ، DK ، DL ، DM ، DN ، DO ، DP ، DQ ، DR ، DS ، DT ، DU ، DV ، DW ، DX ، DY ، DZ ، EA ، EB ، EC ، ED ، EE ، EF ، EG ، EH ، EI ، EJ ، EK ، EL ، EM ، EN ، EO ، EP ، EQ ، ER ، ES ، ET ، EU ، EV ، EW ، EX ، EY ، EZ ، FA ، FB ، FC ، FD ، FE ، FG ، FH ، FI ، FJ ، FK ، FL ، FM ، FN ، FO ، FP ، FQ ، FR ، FS ، FT ، FU ، FV ، FW ، FX ، FY ، FZ ، GA ، GB ، GC ، GD ، GE ، GF ، GG ، GH ، GI ، GJ ، GK ، GL ، GM ، GN ، GO ، GP ، GQ ، GR ، GS ، GT ، GU ، GV ، GW ، GX ، GY ، GZ ، HA ، HB ، HC ، HD ، HE ، HF ، HG ، HH ، HI ، HJ ، HK ، HL ، HM ، HN ، HO ، HP ، HQ ، HR ، HS ، HT ، HU ، HV ، HW ، HX ، HY ، HZ ، IA ، IB ، IC ، ID ، IE ، IF ، IG ، IH ، II ، IJ ، IK ، IL ، IM ، IN ، IO ، IP ، IQ ، IR ، IS ، IT ، IU ، IV ، IW ، IX ، IY ، IZ ، JA ، JB ، JC ، JD ، JE ، JF ، JG ، JH ، JI ، JJ ، JK ، JL ، JM ، JN ، JO ، JP ، JQ ، JR ، JS ، JT ، JU ، JV ، JW ، JX ، JY ، JZ ، KA ، KB ، KC ، KD ، KE ، KF ، KG ، KH ، KI ، KJ ، KK ، KL ، KM ، KN ، KO ، KP ، KQ ، KR ، KS ، KT ، KU ، KV ، KW ، KX ، KY ، KZ ، LA ، LB ، LC ، LD ، LE ، LF ، LG ، LH ، LI ، LJ ، LK ، LL ، LM ، LN ، LO ، LP ، LQ ، LR ، LS ، LT ، LU ، LV ، LW ، LX ، LY ، LZ ، MA ، MB ، MC ، MD ، ME ، MF ، MG ، MH ، MI ، MJ ، MK ، ML ، MM ، MN ، MO ، MP ، MQ ، MR ، MS ، MT ، MU ، MV ، MW ، MX ، MY ، MZ ، NA ، NB ، NC ، ND ، NE ، NF ، NG ، NH ، NI ، NJ ، NK ، NL ، NM ، NN ، NO ، NP ، NQ ، NR ، NS ، NT ، NU ، NV ، NW ، NX ، NY ، NZ ، OA ، OB ، OC ، OD ، OE ، OF ، OG ، OH ، OI ، OJ ، OK ، OL ، OM ، ON ، OO ، OP ، OQ ، OR ، OS ، OT ، OU ، OV ، OW ، OX ، OY ، OZ ، PA ، PB ، PC ، PD ، PE ، PF ، PG ، PH ، PI ، PJ ، PK ، PL ، PM ، PN ، PO ، PP ، PQ ، PR ، PS ، PT ، PU ، PV ، PW ، PX ، PY ، PZ ، QA ، QB ، QC ، QD ، QE ، QF ، QG ، QH ، QI ، QJ ، QK ، QL ، QM ، QN ، QO ، QP ، QQ ، QR ، QS ، QT ، QU ، QV ، QW ، QX ، QY ، QZ ، RA ، RB ، RC ، RD ، RE ، RF ، RG ، RH ، RI ، RJ ، RK ، RL ، RM ، RN ، RO ، RP ، RQ ، RR ، RS ، RT ، RU ، RV ، RW ، RX ، RY ، RZ ، SA ، SB ، SC ، SD ، SE ، SF ، SG ، SH ، SI ، SJ ، SK ، SL ، SM ، SN ، SO ، SP ، SQ ، SR ، SS ، ST ، SU ، SV ، SW ، SX ، SY ، SZ ، <

$\Delta G, A$ تابع حالت است.

G, A - توانع مقدار ے ہند

— دو حکم اعلام شد: قابل اشکال است. (H سیتمی اصل درم بود اما G قابل اشکال است.)

تقریر - احکام اسلام شدہ راہنما

— ٢٤ —
زمنه

۱۱۲۲

هر چه قدر ΔS_{irr} مقدار بزرگتری باشد نیروی محرکه بیشتر برای دایره داریم

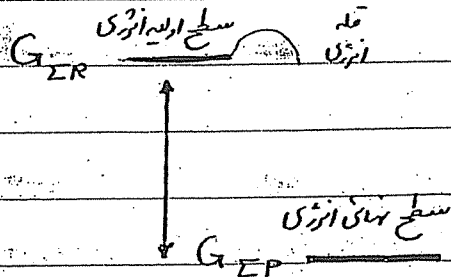
ΔG (هر چه قدر بزرگتر باشد) نشان دهنده نیروی محرکه انجام کار است

ΔG منفی تر باشد نیروی محرکه بیشتر است

$$\Sigma R \rightarrow \Sigma P$$

هر چه فاصله بین این دو سطح بیشتر باشد کول

خود به خود تراست و نیروی محرکه بیشتر تراست



محلولی است با غلظت برای این که دانش باشد باز هم

مکن توان لغت نیروی محرکه نداریم

و مثال: دانش ما < سوختن

اگر $\Delta G < 0$ نیاز به انرژی دارد تا خود را بر دارد اما اگر $\Delta G > 0$ شد دیگر کول غیر ممکن خواهد بود

محاسبات ΔG :



$$\Delta G = cG_c + dG_D - aG_A - bG_B$$

$$G_T = H_T - TS_T$$

$$\Delta G_T = \Delta H_T - T\Delta S_T$$

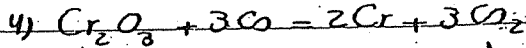
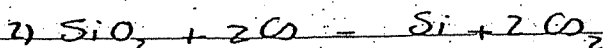
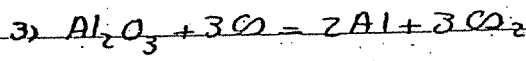
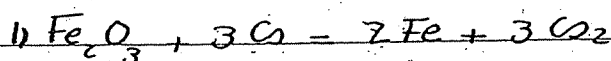
در هر دوطرف به لحاظ ΔH ، ΔS بر بسته می آید

(به یک طرف نداریم)

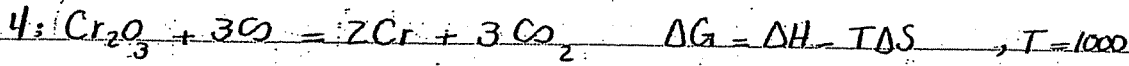
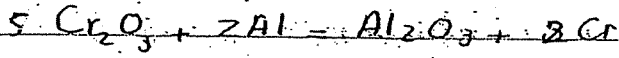
$$\Delta G_T^\circ = \Delta H_T^\circ - T\Delta S_T^\circ$$

نمونه - تعیین کنید در شرایط استاندارد

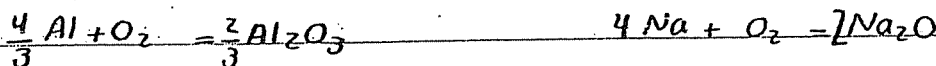
تولید کربن دی اکسید از فلزات زیر به روش کربو ترمی یا آلومینیوم ترمی است: (دای 1000)



$\Delta G > 0$


 $\Delta H = 20$

مثال - الیسیل آلومینا را در دماهای استاندارد و دمای 298 K با علامت معادله کنید.



* برای اینکه دودانش قابل محاسبه باشد باید طوری توانیم بنویسیم که مقدار آلومین یا سدیم مشخص شود.

$$\Delta G_{298}^\circ = \Delta H_{298}^\circ - 298 \Delta S_{298}^\circ = -396 \rightarrow Al \quad \Delta G_{298}^\circ Na = -182.3$$

هر دواقی فلزات در دمای محیط و فشار 1 atm خنثی خواهند ماند و الیسیل شوند.

چون ΔG_{Al} کمتر است پس آلومین را در برابر سدیم Na استفاده می‌کنیم.

- اما الیسیل Al بسیار بهتر در چینه است و کاملاً خنثی می‌ماند از الیسیل شدن Al .

- اما الیسیل Na در آن حجم زیاد است و ظرفیت دارد و تقریباً هم نسبت به الیسیل کمتر در برابر الیسیل خواهد شد.

روابط ترمودینامیکی : A, S, G, H - متغیرهای ترمودینامیکی (تشنه شده)

$$du = \delta q - \delta w \rightarrow du = Tds - pdv \quad 1$$

$$H = u + pv \rightarrow dH = du + pdv + vdp \rightarrow \text{تغییرات ترمال و کاری}$$

$$dH = Tds + vdp \quad 2$$

$$G = H - TS \rightarrow dG = dH - Tds - SdT \rightarrow dG = vdp - SdT \quad 3$$

$$A = u - TS \rightarrow dA = du - Tds - SdT \rightarrow dA = -SdT - pdv \quad 4$$

* شرط استاندارد از معادلات : سیستم ترمال باشد فقط *

$$* du = Tds - pdv$$

$$u = F(S, v) \rightarrow du = \left(\frac{\partial u}{\partial S} \right)_v ds + \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_S dv$$

مثال: اگر معادله ترمودینامیک را بدانیم خواستیم بدانیم:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial S} \right)_v = T \quad \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_S = -p$$

$$* dG = vdp - SdT$$

$$\left(\frac{\partial G}{\partial P} \right)_T = v \quad \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_P = -S$$

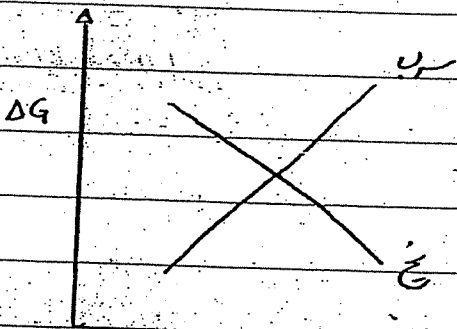
$$* dH = Tds + vdp$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial S} \right)_P = T \quad \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_S = v$$

$$* dA = -pdv - SdT$$

$$\left(\frac{\partial A}{\partial v} \right)_T = -p \quad \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_v = -S$$

مثال - نمودار زیر
تغییرات G بر حسب P را برای دو دانه مختلف در دما و فشار ثابت نشان می‌دهد. در این نمودار دما و فشار ثابت است.
برای دانه اول دما و فشار ثابت است و دانه دوم دما و فشار ثابت است.



$S \rightarrow L$

$$\left(\frac{\partial G_L}{\partial P} \right)_T = v_L \quad \left(\frac{\partial G_S}{\partial P} \right)_T = v_S$$

$$\left(\frac{\partial \Delta G}{\partial P} \right)_T = \Delta v = v_L - v_S$$

مثبت نمودار ΔG بر حسب P

$$v_S > v_L \rightarrow \Delta v < 0$$

$$v_S < v_L \rightarrow \Delta v > 0$$

$$d = \frac{m}{v} \rightarrow \text{چگالی افزایش یافته باشد}$$

سوال: تغییر دانسیته چقدر؟
پاسخ: دانسیته افزایش یافته است.
مثال: چگالی آب در دما و فشار ثابت.

روابط ماکسول:

$$* z = f(x, y) \rightarrow \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y}{\partial y} \right)_x = \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_x}{\partial x} \right)_y$$

$$* u = f(s, v) \rightarrow \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial u}{\partial s} \right)_v}{\partial v} \right)_s = \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_s}{\partial s} \right)_v \rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial v} \right)_s = \left(\frac{\partial P}{\partial s} \right)_v$$

$$* H = f(s, p) \rightarrow \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial H}{\partial s} \right)_p}{\partial p} \right)_s = \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial H}{\partial p} \right)_s}{\partial s} \right)_p \rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_s = \left(\frac{\partial v}{\partial s} \right)_p$$

$$* A = f(T, v) \rightarrow \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_v}{\partial v} \right)_T = \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial A}{\partial v} \right)_T}{\partial T} \right)_v \rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial v} \right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v$$

$$* G = f(T, p) \rightarrow \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_p}{\partial p} \right)_T = \left(\frac{\partial \left(\frac{\partial G}{\partial p} \right)_T}{\partial T} \right)_p \rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial p} \right)_T = \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$$

برای u, H, A, G های P و v عوض شده است.

مثال - با استفاده از معادلات ماکسول ثابت انحراف داخلی طرایی آل تابع حجم نیست.

$$du = Tds - Pdv \rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = 0 \quad \text{ثابت نیست}$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = T \left(\frac{\partial S}{\partial v} \right)_T - P$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v - P \rightarrow \text{طرایی آل } P = \frac{RT}{v}$$

$$\text{AZAD} \rightarrow \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v = R/v = P/T \rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = T(P/T) - P = 0$$

$$dH = Tds + vdp$$

نکته - ثابت آنتالپی برای گاز ایده‌آل H تابعی از دما است.

$$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = T \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T + v$$

طبق معادله ۱۰

$$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = -T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P + v$$

$$v = \frac{RT}{P} \rightarrow \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{P} = \frac{v}{T} \rightarrow \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = -T \left(\frac{v}{T}\right) + v = 0$$

نکته - برای گاز ایده‌آل $\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = 0$ زیرا معادله واندروالس به صورت زیر در می آید:

$$(p + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT \rightarrow p = \frac{RT}{v - b} - \frac{a}{v^2}$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \frac{R}{v - b} \xrightarrow{\text{با استفاده از}} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \frac{1}{T} \left(p + \frac{a}{v^2}\right)$$

$$du = Tds - pdv \rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T \left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T - p = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v - p$$

$$\rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T \times \frac{1}{T} \left(p + \frac{a}{v^2}\right) - p = \frac{a}{v^2} \rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = \frac{a}{v^2}$$

برای گاز ایده‌آل $\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = 0$ زیرا معادله واندروالس به صورت زیر در می آید:

فرض تبدیل:

اگر سیستم تابع (بازاقر) x, y, z داشته باشیم:

$$E(x, y, z) = 0$$

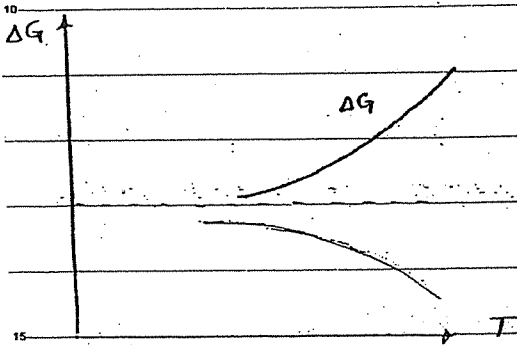
$$* \left(\frac{\partial x}{\partial y} \right)_z \left(\frac{\partial y}{\partial z} \right)_x \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y = -1$$

اصل سوم ترمودینامیک:

در سال 1906 توسط نرنست مورد مطالعه قرار گرفت. او تغییرات انرژی آزاد را نسبت

به دما بررسی می کرد.

در دمای نزدیک صفر ΔG تلاش طوری است که خود را به خط راست می کشد. به نرنست



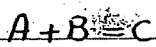
$$\left(\frac{\partial \Delta G}{\partial T} \right)_P = -\Delta S$$

$$\left(\frac{\partial \Delta G}{\partial T} \right)_P = -\Delta S \quad T \rightarrow 0 \quad \Delta S = 0$$

* ΔS طبق دانش های شیمیایی به نرنست

نزدیک صفر مطلق صفر است. (ΔS ثبت غول را است)

دانش شیمیایی



$$\Delta S = S_C - S_A - S_B = 0$$

* طبق غفرها به صورت ترمید

آزاد دارد. S های یکسان هستند به نرنست

* پلانک روی این موضوع گفت: اعلام کرد در صفر مطلق انرژی طیه دارد (همچون) در حالت تعادل داخلی

صفر است. به اصل سوم ترمودینامیک

* لوینس نظر پلانک را به عنوان اصل سوم ترمودینامیک معرفی کرد.

مواد همگن 1 مولی هستند در یک فاز باشند

* لورنس : تعادل داخلی را در ۳ شرط است : ۱- کربنایی باشد (آب و نمک باشد)

۲- خالص باشد

۳- تعادل کربنایی نداشته باشد

به مقدار مطلق انرژی در هر نقطه صفر است

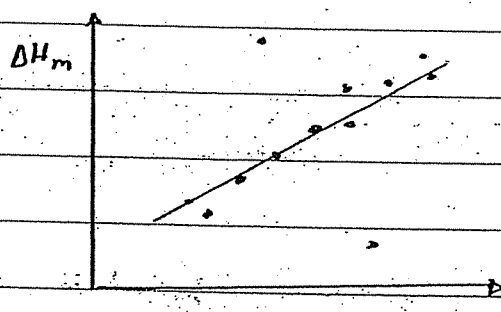
در تعادل داخلی را در ۳ شرط است

* قانون سوم ترمودینامیک : کمترین مقدار مطلق انرژی را میسر است

$$\int_0^T ds = \int_0^T \frac{C_P}{T} dT \rightarrow S_T = \int_0^T \frac{C_P}{T} dT \quad \Delta T \rightarrow 0$$

= اصل سوم قابل اثبات نیست اما قابل کنترل در حد کردن است

قانون ریچارد : هر چه قدر دمای ذوب بالا رود جرم ذرات ذوب بالا می رود



$$\text{شیب خط} : \frac{\Delta H_m}{T_m} = \Delta S_m = 9 \text{ Joul/mol.deg}$$

در نتیجه بارش تقطیری ذرات ذوب بالا می رود

خواهد شد به شکل تقطیری

$$8 < \Delta S < 16$$

(به طور دقیق)

تروتن : در دمای بحرانی مودر برتری قرار دارد

$$\Delta S_m = \frac{\Delta H_m}{T_m} \approx 88 \text{ J/mol.deg}$$

در نتیجه بارش تقطیری ذرات ذوب بالا می رود

۱- اگر حالت کربنایی نباشد به هم چنین اگر خالص نباشد و یا تعادل کربنایی داشته باشد تعداد وضعیت های میکروسکوپی

افزایش می یابد و انرژی می تواند صفر باشد / اگر تمام وضعیت های تعادل داخلی برابر باشند و در حالت صفر باشد

$$S = k \ln \omega = 0$$

$$G = H - TS$$

معادله‌ی گیبس هلمهولتز - تابعیت G از T

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_P = -S \quad (\text{رابطه‌ی اساسی}) \rightarrow G = H + T \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_P$$

$$\frac{T \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_P - G}{T^2} = \frac{-H}{T^2} \rightarrow \left(\frac{\partial \frac{G}{T}}{\partial T} \right)_P = \frac{-H}{T^2}$$

معادله گیبس هلمهولتز

$$\text{در شرایط فشار ثابت} : dG = \frac{-H}{T^2} \cdot dT \rightarrow \Delta G = \int_{T_1}^{T_2} \frac{-H}{T^2} dT$$

$$\text{برای محاسبه تغییرات} : \left(\frac{\partial \frac{\Delta G}{T}}{\partial T} \right)_P = \frac{-\Delta H}{T^2}$$

$$A = U - TS$$

$$\left(\frac{\partial \frac{A}{T}}{\partial T} \right)_V = \frac{-U}{T^2}$$

برای - اثبات کنید :

$$\left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_V = -S \quad \text{در شرایط ثابت} \rightarrow A = U + T \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_V \rightarrow \frac{T \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_V - A}{T^2} = \frac{-U}{T^2}$$

$$\rightarrow \left(\frac{\partial \frac{A}{T}}{\partial T} \right)_V = -U/T^2$$

* کاربرد معادله تابع گیبس هلمهولتز برای خواص ΔH و ΔU دارد. باید توانایی گرفتن از آن تابع G را بدانیم.

$$H = F(P, T)$$

تابعیت H و S از فشار و دما

$$dH = \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_T dP + \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_P dT \quad *$$

$$dH = Tds + vdp \rightarrow \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_T = T \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T + v$$

(رابطه)

فرض کنیم که از معادله دالتون و قانون

$$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P + v$$

فرض کنیم که $\alpha = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \rightarrow \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = T v \alpha + v = v(1 + \alpha T)$

حاصل می شود *

$$dH = C_p dT + \frac{L}{v} (1 + \alpha T) dP \quad \alpha_{\text{Fe}} \times 101.325$$

این معادله هیچ محدودیتی ندارد و تابعیت H از دو متغیر را نشان می دهد.

در حالت اول H تابع فشار نیست. $\alpha = \frac{1}{T} \rightarrow dH = C_p dT$ *
 این شرط را می توانیم برای حالت اول به کار ببریم.

فرض کنیم که *

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT + \int_{P_1}^{P_2} v(1 + \alpha T) dP$$

حالت اول: $Cu \left| \frac{P_1}{T_1} \right. \rightarrow Cu \left| \frac{P_2}{T_2} \right. : I$ $Cu \left| \frac{P_1}{T_1} \right. \rightarrow Cu \left| \frac{P_2}{T_2} \right. : II$

حالت دوم: $Cu \left| \frac{P_1}{T_2} \right. \left(\text{استفاده از } T_2 \right) \rightarrow Cu \left| \frac{P_2}{T_1} \right. \left(\text{استفاده از } T_1 \right)$

لا تابع دما است (تابع فشار خطی نیست) پس در مسیر I، لا را باید در دمای T_2 بنویسیم.
 در مسیر II، لا را باید در دمای T_1 بنویسیم.

C_p در مسیر I فشار ثابت بود و در مسیر II C_p در فشار P_2 بود.

البته بهتر است اول استرال اول را بنویسیم - جواب نهایی بدین خواهد شد -

مثال - حجم یون آهن (cm^3) است و ضریب انبساط جزیی را $\alpha = 3 \times 10^{-5} \text{ deg}^{-1}$ افزایش اندازی 1 mol Fe در اثر افزایش فشار از 1 تا 100 اتمسفر را در دمای ثابت 298 K محاسبه کنید.

چون دما ثابت بود، $dH = V(1 - \alpha T) dP$ تبدیل دما

$$\Delta H = H_2 - H_1 = H_{100} - H_1 = \int_1^{100} (7.1 (1 - 3 \times 10^{-5} \times 298) dP) \times 10^{-3} \text{ L.atm}$$

همین قدر ΔH را با استفاده از دما یکا کنیم باید. یعنی دما را 3 درجه اضافه کنیم.

* اثر 3K دما معادل 100 atm است *

ΔH^* خیلی تابع فشار نیست. (برای محاسبات)

$$\frac{C_P}{T}$$

$$S = F(T, P) \rightarrow dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T dP$$

با استفاده از معادلات ماکسвел: $\left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T = - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = -\alpha V$

$$dS = \frac{C_P}{T} dT - \alpha V dP$$

اول استدلال اولی که می شود بعد استدلال دوم پس ما در

دما T_2 خواهد بود.

نکته - در مثال فوق تغییرات S را بر حسب فشار می بینیم.

دما ثابت: $dS = -\alpha V dP \rightarrow S_{100} - S_1 = \int_1^{100} - (3 \times 10^{-5} \times 7.1 \times 10^{-3}) dP$

$$\Delta S = S_{100} - S_1 = 0.000210 \text{ L.atm} \times \frac{101.325 \text{ J}}{1 \text{ L.atm}} = 0.000213 \text{ J/mol.deg}$$

* اثر 3K دما معادل اثر 100 atm فشار برای تغییر ΔS می باشد *

پرسش - 1 mol Au در دمای 293 K تحت فشار 1 atm قرار دارد. اگر آنرا در فشار 1 atm در دمای 273 K برده و سپس در دمای 273 K به فشار P_3 برسانیم، محلولیت فشار P_3 را بیابیم. $H_3 - H_1 = 0$ شود.

$$\text{Au} \left| \begin{array}{l} T_1 = 293 \text{ K} \\ P_1 = 1 \text{ atm} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \text{Au} \left| \begin{array}{l} T_2 = 273 \text{ K} \\ P_2 = 1 \text{ atm} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \text{Au} \left| \begin{array}{l} T_3 = 273 \text{ K} \\ P_3 = ? \end{array} \right.$$

$$\Delta H = H_3 - H_1 = 0 \rightarrow H_3 = H_1 \quad \rho_{\text{Au}}^{20^\circ} = 19.3 \text{ g/cm}^3, \quad \alpha = 4.32 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$m = 197$$

$$dH = C_p dT + V(1 - \alpha T) dP \quad \text{رابطه داینامیک}$$

$$1 \text{ در فشار 1 atm, } \Delta H = H_2 - H_1 = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT = \int_{293}^{273} C_p dT$$

$$\Delta H = 31.46(273 - 293) - 13.47 \times 10^{-3} (273^2 - 293^2) \times \frac{1}{2} + 2.89 \times 10^{-5} \left(\frac{1}{273} - \frac{1}{293} \right) + \frac{1}{3} \times 10^{-6} \times 10^{-6} (273^3 - 293^3) = -498.26 \text{ J/mol-deg}$$

$$\Delta H = H_3 - H_2 = \int_{P_2}^{P_3} V(1 - \alpha T) dP \quad \text{در دمای 273 K}$$

$$1 \quad \rho = \frac{m}{V} \rightarrow V_1 = \frac{197 \text{ g}}{19.3 \text{ g/cm}^3} = 10.207 \text{ cm}^3 \quad V_2 = V_1 e^{\alpha \Delta T} = 10.208$$

$$\Delta H = \int_{P_1}^{P_3} 10.2 \times 10^{-3} (1 - 4.32 \times 10^{-5} \times 273) dP = 0.01 (P - 1) \times 101.325$$

$$\Delta H = H_3 - H_2 = 102(P - 1) \quad \text{بطریقی } (H_3 - H_2) + (H_2 - H_1) = H_3 - H_1 = 0$$

$$\rightarrow 1.02(P - 1) = 498.26 \rightarrow P = 486.8 \text{ atm}$$

برای واکنش $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ به صورت تابعی از دما بیان شده است.

مطلوبه است که ΔH° و ΔS° واکنش و $\Delta G^\circ = +168400 - 144T$

$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \rightarrow \Delta H^\circ = +168400, \Delta S^\circ = +144$

برای واکنش $2\text{Cu} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{Cu}_2\text{O}$ $\Delta G^\circ = 169000 - 7.12T \ln T + 123T$ ΔH° از دما برای واکنش به دست آورده شد. ΔS° از دما برای واکنش به دست آورده شد.

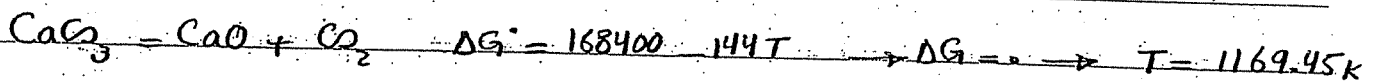
$\frac{\partial (\Delta G^\circ)}{\partial T} = \frac{-\Delta H^\circ}{T^2} \rightarrow \frac{d}{dT} \left(\frac{169000}{T} - 7.12 \ln T + 123 \right) = \frac{-\Delta H^\circ}{T^2}$

$\frac{-169000}{T^2} - \frac{7.12}{T} = \frac{-\Delta H^\circ}{T^2} \rightarrow \Delta H^\circ = 169000 + 7.12T$

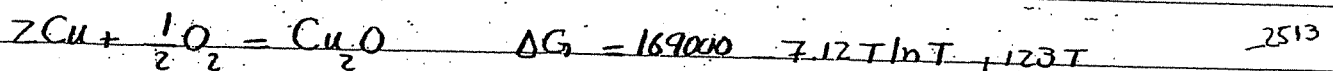
$\frac{\partial \Delta G^\circ}{\partial T} = -\Delta S^\circ \rightarrow -7.12 \ln T - 7.12 + 123 = -\Delta S^\circ \rightarrow \Delta S^\circ = 7.12 \ln T + 115.88$

$\Delta H^\circ_{1000} = 169000 + 7.12(1000) = 176120 \text{ J}$

پرسش - تعیین کنید در چه دما ای استاندارد هر یک از واکنش های فوق در چه دما ای به صورت خود بخود امکان پذیر است.



پس در دما $T < 1169.45K$ واکنش به طور خود بخود خواهد بود.



2513,0

$$\Delta G = 0 \rightarrow T < -2512.7$$

2512,7

در دما استاندارد

↑

پرسش - در دما تعیین کنید واکنش های زیر امکان پذیر است یا نه ؟ و علامت ΔG° و علامت ΔG

پرسش - در چه دما ای واکنش های زیر امکان پذیر است ؟ $\Delta G^\circ < 0$ و $\Delta G^\circ = 0$ و T معلوم می شود

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \rightarrow \frac{dV}{V} = \alpha dT \rightarrow \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = \alpha (T_2 - T_1)$$

تأثیر G از فشار: $dG = V dp - S dT$ در دمای ثابت برای حالت موازنه (برای گاز حقیقی دایال)

$$dG = V dp$$

برای گاز دایال: $V = \frac{RT}{P} \rightarrow dG = \frac{RT}{P} dp \rightarrow dG = RT d(\ln P)$

برای گاز دایال در دمای ثابت: $\Delta G = RT \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$

معرفی ضریب فعالیت:

معادله با فشار است: $F = f(P)$ (ضریب فعالیت معادله ای دارد بر حسب P)

این معادله طوری است که هرگاه در معادله گاز دایال به جای فشار از ضریب فعالیت استفاده شود برای گازهای حقیقی هم معادله را به مشابیه گاز دایال به دست می آید.

معادله برای گاز حقیقی دایال: $dG = RT d(\ln F)$

در معادله گاز دایال برای گازهای حقیقی dG است. این معادله را بر حسب فشار (P) جایگزین می کنیم و در آخر به جای فشار برای گاز دایال P و برای گاز حقیقی F می گذاریم.

* خواص F : $\left(\frac{F}{P} \right)_{P \rightarrow 0} = 1$ (اگر فشار به صفر میل کند گاز حقیقی دایال خواهد شد)

$dG = V dp$
 $dG = RT d(\ln F)$ → $V dp = RT d(\ln F)$

$$V dp - \frac{RT}{P} dp = RT d \ln F - \frac{RT}{P} dp$$

$$\rightarrow (V - \frac{RT}{P}) dp = RT d \ln F - RT d \ln p = RT (d \ln \frac{F}{P})$$

$$\rightarrow \int_0^P (V - \frac{RT}{P}) dp = \int_0^P RT (d \ln \frac{F}{P})$$

مانده است

$$RT \ln \frac{F}{P} = \int_0^P (V - \frac{RT}{P}) dp \rightarrow \ln \frac{F}{P} = \frac{1}{RT} \int_0^P (V - \frac{RT}{P}) dp$$

$$V - \frac{RT}{P} = \frac{Z-1}{P}$$

$$(Z = \frac{PV}{RT} = 1 + B_P P + C_P P^2 + \dots \rightarrow \frac{PV}{RT} - 1 = \frac{PV - RT}{RT})$$

$$\rightarrow \ln \frac{F}{P} = \int_0^P \frac{Z-1}{P} dp, \quad \int_0^P \frac{Z-1}{P} dp = B_P P + \frac{1}{2} C_P P^2 + \frac{1}{3} D_P P^3 + \dots$$

$$\rightarrow * F = P \cdot \text{EXP} \left(B_P P + \frac{1}{2} C_P P^2 + \dots \right)$$

مقدار درجه اول

مثال - مطلوب است محاسبه تغییر انرژی آزاد گازی در فرآیند ایزو ترمپال برای تغییر فشار از 1 atm تا 150 atm. فرض کنید گاز ایده‌آل است.

$$dG = V dp = \frac{RT}{P} dp \rightarrow \Delta G = RT \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = 273R \ln 150$$

$$dG = RT \ln F \rightarrow \Delta G = RT \ln \frac{F_2}{F_1}$$

$$P_2 \approx P_2 = 150 \text{ atm}$$

$$P_1 \approx P_1 = 1 \text{ atm}$$

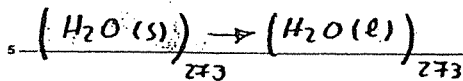
$$P_1 = 1 \rightarrow F = 0.9999$$

$$P_2 = 150 \rightarrow F_2 = 145$$

تقریباً: چنانچه اختلاف ظرفیت حرارتی آن در هیچ نقطه باشد تابعیت ΔG° بر حسب رابطه برای (درجه) T می باشد



ΔH_m ، ΔH_{vap} ، ΔH_{fusion}



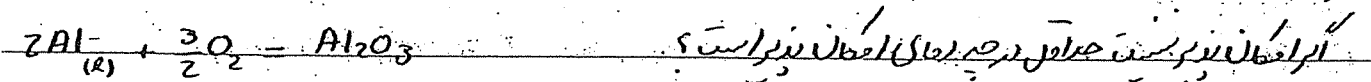
$$\Delta G_T^\circ = \Delta H_T^\circ - T \Delta S_T^\circ = 4916 - 4T - 4T \ln T + 0.43T = 4916 - 3.57T - 4T \ln T$$

$$\Delta H_T^\circ = L_F^{H_2O} + \int_{273}^T \Delta C_p dT = 6008 + 4(T - 273) = 4916 - 4T$$

$\Delta C_p = C_p(l) - C_p(s) = 4$ (تقریباً)

$$\Delta S_T^\circ = \frac{L_F^{H_2O}}{273} + \int_{273}^T \frac{4}{T} dT = 22 + 4 \ln T - 4 \ln 273 = -0.43 + 4 \ln T$$

تقریباً: تعیین کنید در چه دما (استاندارد) Al_2O_3 به وسیله ی کربن احیا می شود؟ در دمای $1200K$ ،



$$\Delta G_1 = -1676000 + 320T \quad (923 - 1800)$$

$$\Delta G_2 = 405760 - 31.75T \log T + 92,22T \quad (298 - 923)$$

$$\frac{3}{2}C + O_2 = CO_2 \quad \Delta G_3^\circ = -394100 - 0.184T$$

$$* Al_2O_3 + \frac{3}{2}C = \frac{3}{2}CO_2 + 2Al \quad 1) \Delta G^\circ = -\Delta G_1 + \frac{3}{2}\Delta G_3^\circ \quad (923 - 1800)$$

$$2) \Delta G^\circ = -\Delta G_2 + \frac{3}{2}\Delta G_3^\circ \quad (298 - 923)$$

$$T = 1200 \xrightarrow{1) \Delta G_1} \Delta G_1 > 0$$

$$T = 800 \xrightarrow{2) \Delta G_2} \Delta G_2 < 0$$

در دمای 1. ΔG° را صفر قرار می دهیم (در دما) T را به دست می آوریم

مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

مطلوبه: با استفاده از اطلاعات زیر، دمای تعادل را برای واکنش زیر در دمای 1200K محاسبه کنید.

	Cu ₂ O	H ₂	Cu(s)	H ₂ O(g)	
C _p (J)	70	29	24.2	33.5	Cu ₂ O + H ₂ = H ₂ O + 2Cu
S° (J)	94	131	33	188	(g)
(298) ΔH _f (kJ)	164	0	0	-242	

$$\Delta G_{1200}^{\circ} = \Delta H_{1200}^{\circ} - (T) \Delta S_{1200}^{\circ} = -128200 \text{ J} < 0$$

$$\Delta H_{1200} = \Delta H_{298} + \int_{298}^{1200} \Delta C_p dT, \quad \Delta C_p = 2 \times 24.2 + 33.5 - 29 - 70 = 17.1$$

$$\Delta H_{1200} = (-242 + 164) \times 10^{-3} + \int_{298}^{1200} (-17.1) dT = -93424.2$$

$$\Delta S_{1200} = \Delta S_{298} + \int_{298}^{1200} \frac{\Delta C_p}{T} dT = (2 \times 33 + 188 - 131 - 94) + \int_{298}^{1200} \frac{-17.1}{T} dT = 54.18$$

$$\text{واکنش 1: } 2\text{Cu} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{Cu}_2\text{O}, \quad \Delta G_1 = 169000 - 7.12 T \ln T + 123 T$$

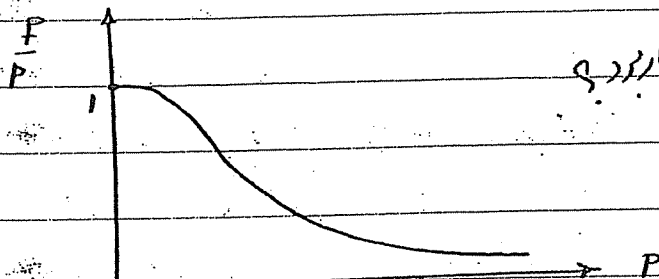
$$\text{واکنش 2: } \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}, \quad \Delta G_2 = -246000 + 54.18 T$$

$$\text{واکنش 3: } \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{O} + 2\text{Cu}, \quad \Delta G^{\circ} = \Delta G_2 - \Delta G_1 = (-246000 - 169000) + 7.12 T \ln T + (54.18 - 123) T$$

$$T = 1200 \rightarrow \Delta G < 0$$

$$\text{اگر } \Delta G^{\circ} = 0 \rightarrow T_{\text{تعادل}} = \dots$$

$$\rightarrow dG = RT \ln \left(\frac{145}{0.9999} \right) = 273R \ln \left(\frac{145}{0.9999} \right)$$



نمودار $\frac{P}{P^\circ}$ بر حسب P به صورت کاربرد
مقابل خواهد بود!

$$\Delta G_T^\circ = \Delta H_T^\circ - T \Delta S_T^\circ \quad \text{تابع } G \text{ از دما :}$$

$$\Delta H_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ + \int_{298}^T \Delta C_P dT \quad \rightarrow \quad \Delta G_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ + \Delta S_{298}^\circ$$

$$\Delta S_T^\circ = \Delta S_{298}^\circ + \int_{298}^T \frac{\Delta C_P}{T} dT + \int_{298}^T \left(C_P - \frac{C_P}{T} \right) dT$$

$$d \frac{\Delta G_T^\circ}{T} = - \frac{\Delta H_T^\circ}{T^2} dT \quad \rightarrow \quad \Delta G_T^\circ = A + BT \ln T + CT^2 + DT^{-1} + ET$$

تست بر این ΔG_P حتماً باید حلال این مشخص شود

تغییرناپذیر

$$\Delta C_P = 0 \rightarrow \Delta G_T^\circ = A + ET$$

$$\Delta C_P = \text{مستقیم} \rightarrow \Delta G_T^\circ = BT \ln T + A + ET$$

همه عبارت وجود دارد
تغییرناپذیر ΔC_P

در جدول زیر درجه‌های
درجه‌های

شکل ساده‌ی معادله‌ی ΔG° بر حسب دما - روش ریگاردسون

$$\Delta G^\circ = A' + B' T \ln T + C' T$$

ریگاردسون برای هر دانه‌ی معادله‌ی اصلی را

به دست آورده و برای سه دما 300K

700K، 1200K - و هم از قرار دادن این معادله در مقادیر A' ، B' ، C' را به دست آورد.

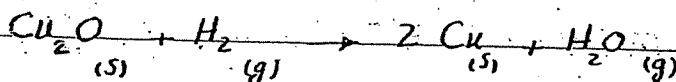
این رابطه فقط در دماهای گفته شده به طور دقیق صحیح است ولی در دماهای دیگر هم قابل استفاده است.

$$\text{تابع از دماست} \rightarrow \Delta H, \Delta S \rightarrow \Delta C_p = 0 \rightarrow B' T \ln T = 0 \text{ از}$$

$$\Delta C_p = 0$$

در دماهای که ΔC_p نداریم از جمله‌ی $B' T \ln T$ صرف نظر می‌کنیم.

مثال - تعیین کنید اصدای آهن توسط گاز هیدروژن در دمای 1200K امکان پذیر است یا خیر و
معادله درجه دما را برای اصدای آهن بنویسید؟



(درجه دما را بنویسید) چنانچه ممکن است

$$2\text{Cu} + \text{O}_2 = \text{Cu}_2\text{O} \quad \Delta G^\circ = -169000 - 7.12 T \ln T + 123 T \quad (\text{جدول})$$

$$\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} \quad \Delta G^\circ = -246000 + 54.8 T \quad (\text{جدول})$$

دانش من در جدول نیست اما این دو را از جدول استخراج می‌کنم و در مورد دلتا $T \ln T$ ندارم
می‌توانم شکم کنم

$$\Delta H = -246000 \quad \Delta S = -54.8$$

چون ΔG تابع حالت است می‌توانیم از این طریق ΔG° و دلتا $T \ln T$ را به دست آوریم.

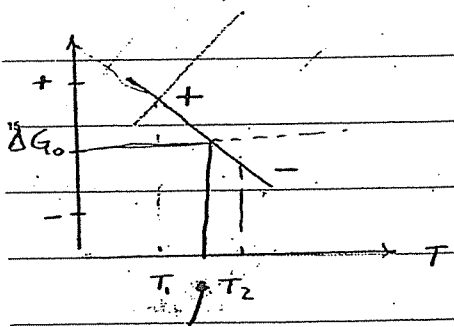
$$\Delta G_T^\circ = \Delta G_2^\circ - \Delta G_1^\circ = 77000 + 7.12 T \ln T - 68.2 T$$

در دما $T = 1200 \text{ K}$ این کمیت است
 $T = 1200 \text{ K} \rightarrow \Delta G_{1200}^\circ = -98262 \text{ J}$
 در فشار استاندارد 1 atm

از دما T_{eq} که در آن $\Delta G_T^\circ = 0$ است
 $\Delta G_T^\circ = 0 \rightarrow T_{eq} = \dots$
 اگر دما T از این دما T_{eq} کمتر باشد و آنرا T_1 فرض کنیم
 در دما T_1 تعادل واکنش به سمت چپ برقرار است.

مثال - فلز Me در حالت خالص و فشار 1 atm در دما T_m ذوب می شود. چنانچه در دما T_1 تعادل
 کبر H در دما T_1 و T_2 مستقر از دما T_m است. تفاوت ΔG° را برای هر دما محاسبه کنید و مقادیر
 را تفسیر کنید.

$M_S \rightarrow M_L$ $T_1, T_2 \rightarrow \Delta H^\circ, \Delta S^\circ \neq f(T)$
 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \Delta S^\circ$
 مقادیر ثابت ثابت است



چون نمودار ΔG در دما T_m صاف می شود
 به تعادل از دما T_m که در آن $\Delta G = 0$ است.

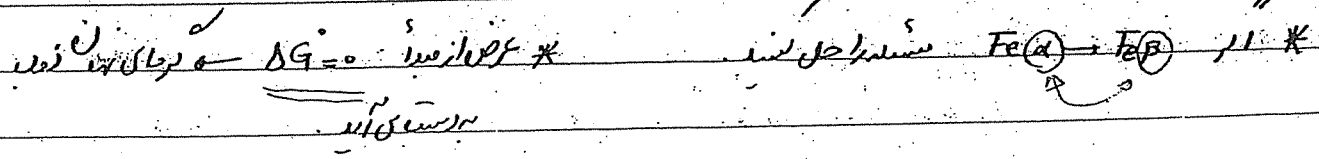
$$\frac{\Delta H_m}{T_m} = 9$$

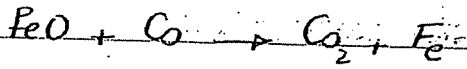
$T < T_m \rightarrow \Delta G > 0$

$T_m \rightarrow$ در حالت تعادل است

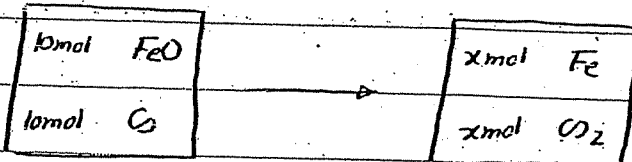
$T > T_m \rightarrow \Delta G < 0$ واکنش خود بخود است

در دماهای بیش از دمای ذوب، ذوب خود بخود در دماهای کمتر از دمای ذوب، ذوب غیر ممکن است !!





تبادل شیمیایی:



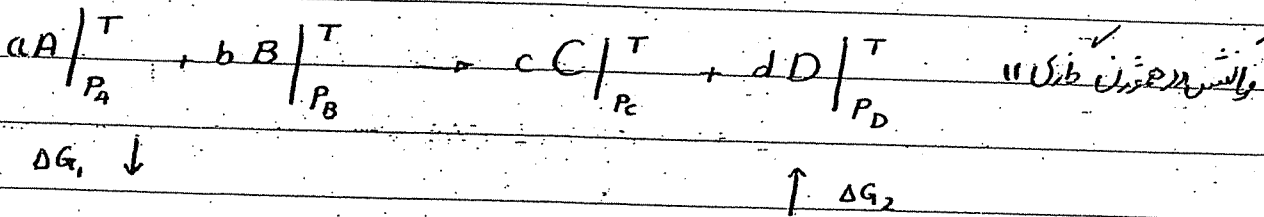
حتی اگر ΔG° باشد تمام FeO

به Fe تبدیل نشود و واکنش در حالت

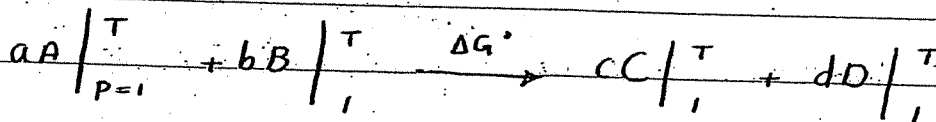
متوقف خواهد شد - به تعادل می رسد و اگر

به مقدار Fe و CO₂ اضافه نخواهد شد - برای مشاهده تعادل باید رابطه ΔG° , ΔG را بنویسیم

رابطه ΔG° و ΔG :



واکنش «عقربون طریک»



$$\Delta G = \Delta G^\circ + \Delta G_1 + \Delta G_2$$

$$dG = RT d \ln F \rightarrow \Delta G = RT \ln \frac{F_2}{F_1}$$

$$\Delta G = RT \ln \frac{P_2}{P_1} \quad \text{برای یک ماده}$$

$$\Delta G_1 = aRT \ln \frac{1}{P_A} + bRT \ln \frac{1}{P_B}$$

$$\Delta G_2 = cRT \ln \frac{P_C}{1} + dRT \ln \frac{P_D}{1}$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \left(\frac{P_C^c P_D^d}{P_A^a P_B^b} \right)$$

رابطه ΔG° و ΔG مشخص می شود

$$K_p = \text{ثابت واکنش}$$

اثر دما بر تعادل: $P = P^*$ را می‌توانیم بنویسیم

$$K = \frac{P_C^c P_D^d}{P_A^a P_B^b}$$

شماره مول‌های گاز در فرایند استوکیومتری شدن
شماره مول‌های گاز در فرایند استوکیومتری شدن

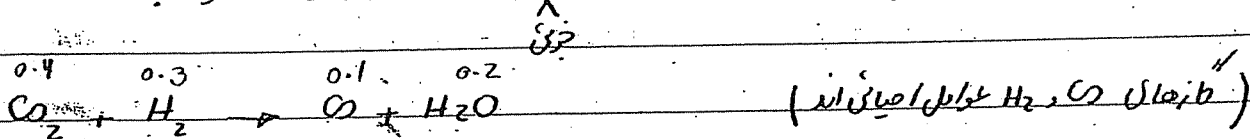
* در شرایط تعادل $\Delta G = 0$ (در این لحظه $\Delta G = 0$ باید باشد و در شرایط تعادل استاندارد $\Delta G = \Delta G^\circ$ است ΔG° در تعادل صفر نیست)

$$\Delta G = 0 \rightarrow \Delta G^\circ = -RT \ln(K_p) \rightarrow \text{ثابت تعادل}$$

دما را می‌توانیم به گونه‌ای در تعادل استاندارد استفاده کنیم که در حد اول موجود است.

مثال: برای واکنش زیر به روش تعادل استاندارد در دمای $1000K$ حساب کنید آیا این واکنش انجام می‌گیرد یا خیر؟

فشارهای گازها: CO_2 , H_2 , H_2O , O_2 را به نسبت‌های 0.4 , 0.3 , 0.2 , 0.1 در دمای $1000K$ قرار دهیم. آیا تعادل برقرار می‌گردد یا خیر؟



$$\Delta G^\circ = F(T) \rightarrow \Delta G^\circ = -357305,9 - 32,01 T$$

$$\Delta G_{1000}^\circ = +3950 J$$

$$\Delta G_{1000}^\circ = -1000 R \ln K_p = 3950 \rightarrow K_p = 0.62 \rightarrow \text{ثابت تعادل تابع دما}$$

آیا واکنش انجام می‌گیرد یا نه؟ - مثال: در شرایط استاندارد در دمای $1000K$ واکنش استاندارد

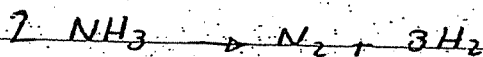
چون $\Delta G_{1000}^{\circ} > 0$ است پس واکنش انجام پذیر نیست.

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln \frac{P_{CO} P_{H_2O}}{P_{CO_2} P_{H_2}} = 3950 + 1000 R \ln \frac{0.1 \times 0.2}{0.3 \times 0.4} < 0$$

* چون فشارها نزدیک 1 atm است به جای فرمول استهوان P را قرار دادیم:

در این شرایط خاص واکنش در جهت راست پیش می‌رود. به عبارت دیگر زمان واکنش H_2O افزایش می‌یابد.

مثال - برای تولید هیدروژن در شرایط هوای فضا از واکنش زیر استفاده از آمونیاک استفاده می‌شود! ثابت تعادل واکنش را در دمای 400 K پیدا کنید و تعیین کنید در این دما کلوش از 0.5 mol NH_3 ، 0.2 mol H_2 ، و 0.3 mol N_2 در فشار 1 atm در چه جهتی واکنش می‌رود.



$$\Delta G^{\circ} = +43514 - 29.71 T \log T - 15.86 T \quad \Delta G_{400}^{\circ} = +6247$$

در شرایط استاندارد واکنش انجام پذیر نیست. در چه دمای واکنش انجام می‌شود؟ $T_{eq} = ?$ $\Delta G^{\circ} = 0$

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_p \quad 6247 = -400 R \ln K_p \rightarrow K_p^{400} = 0.15 \quad \text{درجه تعادل } H_2 \text{ چقدر می‌باشد}$$

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln \frac{P_{N_2} P_{H_2}^3}{P_{NH_3}^2} = 6247 + 400 R \ln \frac{0.3 \times 0.2^3}{0.5^2} = -295.6$$

* در حالت استاندارد $P_i = 1 \text{ atm}$ است و $\sum n_i = 1$ است پس می‌توانیم برای واکنش فوق‌الذکر:

$$* P_i = X_i P_t \quad * P_i = \frac{n_i}{n_t} P_t \quad * n_t = 1 \rightarrow P_i = n_i$$

K_c ثابت غلظتی

معرفی ثابت‌های K_x و K_c

د. ب. ب. ب.

K_x ثابت فشار جزئی



$$K_P = \frac{P_C^c P_D^d}{P_A^a P_B^b}$$

$$K_x = \frac{X_C^c X_D^d}{X_A^a X_B^b}$$

با توجه به این داریم: $P_i = X_i P_t$

$$K_P = \frac{(X_C P_t)^c (X_D P_t)^d}{(X_A P_t)^a (X_B P_t)^b} = K_x P_t^{\Delta n} \quad \Delta n = n_d + n_c - n_a - n_b$$

$$K_P = K_x P_t^{\Delta n}$$

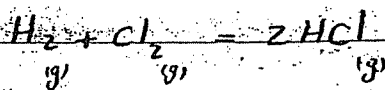
$PV = nRT$, $\frac{n}{V} = C \rightarrow C_i = \frac{n_i}{V_i} = \frac{P_i}{RT}$ C : غلظت مولی

$$P_i = C_i RT$$

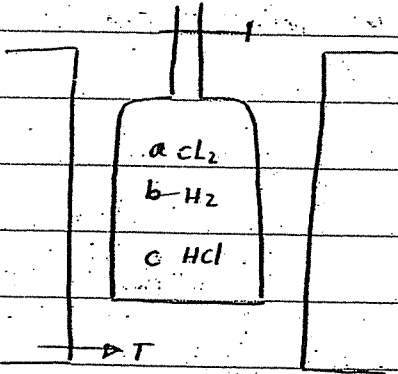
$$K_P = \frac{(C_C RT)^c (C_D RT)^d}{(C_A RT)^a (C_B RT)^b} \rightarrow K_P = K_C (RT)^{\Delta n}$$

مثال:

حلولی که توان در آن‌ها شعله ثابت تعادل را نشان می‌دهد را محاسبه نمود به عنوان مثال حالت زیر را در نظر بگیرید:



اگر α مول از H_2 مصرف شود طبق استوکیومتری α مول Cl_2 مصرف شده 2α مول HCl تولید شده است.



$$Cl_2 = a - \alpha$$

$$H_2 = b - \alpha \quad HCl = c + 2\alpha$$

$$n_t = a + b + c$$

$$X_{H_2} = \frac{a - \alpha}{a + b + c}$$

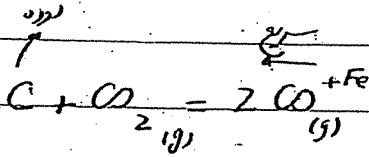
$$X_{Cl_2} = \frac{b - \alpha}{a + b + c}$$

$$X_{HCl} = \frac{c + 2\alpha}{a + b + c}$$

$$K_x = \frac{X_{HCl}^2}{X_{H_2} \cdot X_{Cl_2}}, \quad \Delta n = 0 \rightarrow K_p = K_x P^{\Delta n} = K_x$$

اصلی روش تالیف:

خطای کمترین مربعات در حالت تعادل در سیستم لایزال تعادل به سمتی به سمت می خورد و پیش می رود اثر آن تعادل را حذف نماید



ایجاد برین در درجه ی تعادل باعث می شود واکنش برقرار باشد

Fe کاتالیزور

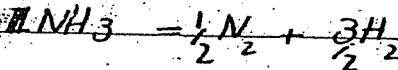
افزایش دما واکنش را به سمت راست می برد

افزایش فشار واکنش را به سمت چپ می برد

اگر کاتالیز اضافه کنیم - واکنش تسریع خواهد شد - اما تعادل بهم نخواهد خورد

افزایش دما به جهت تعادل می برد

محاسبه درجه تجزیه درجه ی تبدیل:



فرض می شود α mol از NH_3

تجزیه می شود

مقدار تعادل 1 mol

2 mol

به ازای 1 mol از ماده هر چه قدر تجزیه شود

مقدار تعادل $(1 - \alpha)$ mol $\frac{\alpha}{2}$ $\frac{3\alpha}{2}$

درجه تجزیه نام خواهد داشت

AZAD

$$n_t = 1 - \alpha + \frac{\alpha}{2} + \frac{3\alpha}{2} = 1 + \alpha$$

$$X_{NH_3} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \quad X_{N_2} = \frac{\alpha/2}{1+\alpha} \quad X_{H_2} = \frac{3\alpha/2}{1+\alpha}$$

$$K_x = \frac{X_{N_2}^{1/2} X_{H_2}^{3/2}}{X_{NH_3}} = \frac{\left(\frac{\alpha}{2(1+\alpha)}\right)^{1/2} \left(\frac{3\alpha}{2(1+\alpha)}\right)^{3/2}}{\frac{(1-\alpha)}{(1+\alpha)}} = \frac{3\sqrt{3}/4 \alpha^2}{(1+\alpha)(1-\alpha)}$$

$K_p = K_x P_t^{\Delta n}$, $\Delta G^\circ = -RT \ln K_p$

در این رابطه ΔG° بستگی دارد به
 پس K_x به نسبت خواص دارد
 و از روی آن مقدار α به دست می آید

مثال - تعیین نسبت در زمانی 600K چه خردی از P_1 و P_2 در مقابل می توانیم داشته باشیم (در اصل 1 atm)

600

$$P_1 \rightarrow 2P_2$$

1 mol 2 mol

$$1-\alpha \quad 2\alpha$$

$$n_t = 1 - \alpha + 2\alpha = 1 + \alpha$$

$$K_x = \frac{X_{P_2}^2}{X_{P_1}} = \frac{(2\alpha/(1+\alpha))^2}{((1-\alpha)/(1+\alpha))} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p$$

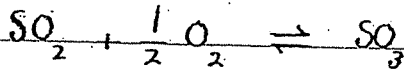
از روی K_x α به دست
 خواهد آمد

$$K_p = K_x P_t^{\Delta n} = K_x \rightarrow (K_p)_{600} =$$

فقط نسبت جابجایی از α قابل قبول است نه $1-\alpha$ یا α باشد
 مثال اگر $\alpha = 0.4$ باشد در آخر کوشش ما در هر دو طرف داریم
 0.8 0.6

* در این سیستم تعادلی اگر تعداد مولی از اجزا را اضافه کنیم فقط فشار جزئی آن جزء اضافه خواهد شد
 چون P_x ثابت است.

مثال - 1 mol SO₂ و 0.5 mol O₂ در دمای 1000 K و فشار 1 atm مخلوط شده اند. ترکیب
گازی پس از تعادل را به دست آورید.



* SO₃ اگر در حالت مایع باشد، اگر اندک تفاوت خواهد بود

1 mol 0.5 mol 0 قبل از تعادل

$$1-\alpha \quad \frac{1}{2}-\frac{1}{2}\alpha \quad \alpha \quad \text{بعد از تعادل} \rightarrow n_t = 1-\alpha + \frac{1}{2}-\frac{1}{2}\alpha + \alpha = \frac{3}{2} - \frac{\alpha}{2}$$

$$X_{\text{SO}_2} = \frac{1-\alpha}{\frac{3}{2}-\frac{\alpha}{2}}$$

$$X_{\text{O}_2} = \frac{\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\alpha}{\frac{3}{2}-\frac{\alpha}{2}}$$

$$X_{\text{SO}_3} = \frac{\alpha}{\frac{3}{2}-\frac{\alpha}{2}}$$

$$\text{از جدول ترمودینامیک: } \Delta G^\circ = -94600 + 89.37T \rightarrow \Delta G^\circ_{1000} = -523 \text{ J}$$

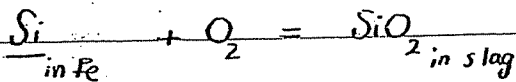
$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p \rightarrow -523 = -(8.314)(1000) \ln K_p \rightarrow K_p = 1.876$$

$$K_p = K_x p_t^{\Delta n} = K_x \quad K_x = \frac{X_{\text{SO}_3}}{X_{\text{SO}_2} X_{\text{O}_2}^{1/2}} = 1.876$$

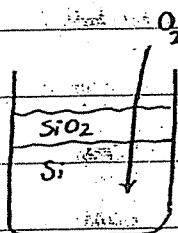
$$\rightarrow \alpha = 0.463$$

تعادل شیمیایی - دروازش های غیر هموزن

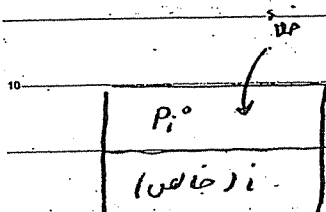
تعریف الیوتیه :



در حوضه مذاب حل شده



G_{Si}° * انرژی آزاد مول Si خالص
 \bar{G}_{Si} * انرژی آزاد مول Si در محلول



تشریح به تشریح
کند و فشار را افزایش
ی باید تا جایی به تعادل رسد

اگر در نقطه ای چرخ باشد فشار کار

تعادلی 1 atm خواهد بود

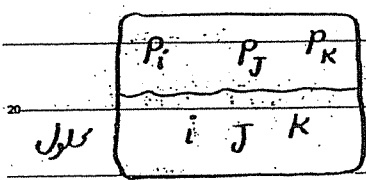
تقریباً به T اولیه تبدیل شد و زمانی

به تعادل خواهد رسید

$$i_c \rightleftharpoons i_g$$

P_i° * فشار کار تعادلی i خالص در دمای T (i می تواند جابج باشد - P_i° تابع دماست در دمای پاشن کم است)

مالات زمان P_K, P_J افزایش یابد



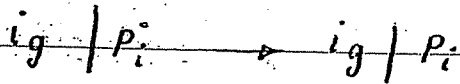
$$i_c \rightleftharpoons i_g$$

P_i° * فشار کار تعادلی i در دمای T

مجموعه P_i° نیز برابر P_i است

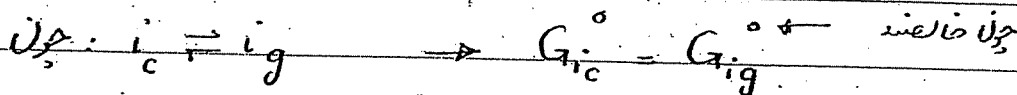
فشار کار تعادلی i خالص $a_i = \frac{P_i}{P_i^{\circ}}$ الیوتیه
فشار کار تعادلی i خالص (P_i°) تابع دما، جابج

اگر افعال باشد $a = 1$ است



$$\Delta G = G_{i_g} - G_{i_g}^{\circ} = RT \ln \frac{p_i}{p_i^{\circ}} \rightarrow G_{i_g} = G_{i_g}^{\circ} + RT \ln a_i$$

↑
شارک ظرفیتی در تعادل است و خاص

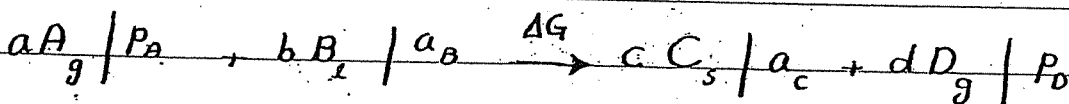


$$\Rightarrow * : \underline{G_{i_c}} = G_{i_c}^{\circ} + RT \ln a_i$$

انرژی آزاد مولی در

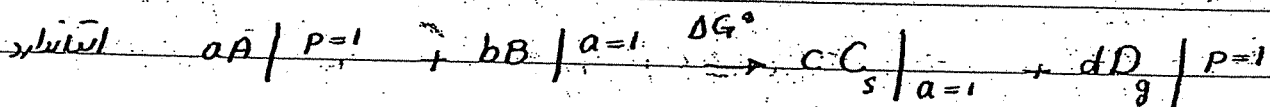
حال محلول برابر است

با انرژی آزاد یک مول خالص $+ RT \ln a_i$



(1) ↓

↑ (2)



$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + \Delta G_1 + \Delta G_2$$

$$\Delta G_1 = -aRT \ln \frac{1}{P_A} + bRT \ln \frac{1}{a_B}$$

$$\Delta G_2 = cRT \ln \frac{a_c}{1} + dRT \ln \frac{P_D}{1}$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln$$

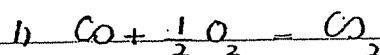
$$\frac{P_D^d a_C^c}{P_A^a a_B^b} \rightarrow K$$

مقیاسه معادله قبل است و الان تفاوت به رخااا مشابه

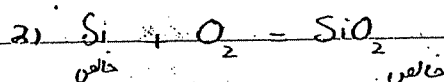
در فازهای endance از القویه استقام

ببینم

$$\Delta G = 0 \rightarrow \Delta G^\circ = -RT \ln K$$



تفاوت K در فاز تاری در endance



در حالت اول با بیشترین فشار P_{CO} خواهد شد

اما در حالت دوم با بیشترین فشار P_{CO} باقی میماند و کم میشود

$$1 \rightarrow K = \frac{P_{\text{CO}_2}}{(P_{\text{CO}}) P_{\text{O}_2}^{1/2}}$$

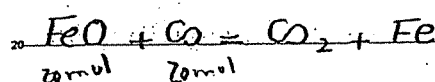
a تغییر میکند

$$2 \rightarrow K = \frac{a_{\text{SiO}_2}}{(a_{\text{Si}}) a_{\text{O}_2}}$$

الویه باقی مقدار نسبت به باقی در حالت اول است

تقریباً ۱ از هر ۱۱: جابجایی در فشار ثابت 1 atm و دمای 600°C. 20 mol FeO و 1 mol CO. کلر شود
محاسبه کنید که آهن تولید میشود؟

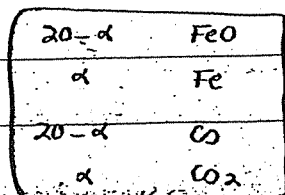
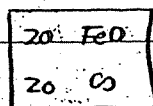
$$\Delta G^\circ = 147900 - 150.15 T$$



$$\Delta G^\circ = 16819.05 = -RT \ln K \rightarrow K = 0.1$$

843

$$K = \frac{P_{\text{CO}_2} a_{\text{Fe}}}{P_{\text{CO}} a_{\text{FeO}}} = \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}}$$



* برای n چون با فشار کاری کم n بارها را

با هم جمع می کنیم

$$n_t = 20 - \alpha + \alpha = 20$$

$$P_{CO_2} = X_{CO_2} P_T = \frac{\alpha}{20} \times 1 \quad P_{O_2} = X_{O_2} P_T = \frac{20-\alpha}{20} \times 1$$

$$\frac{\alpha/20}{(20-\alpha)/20} \approx K = 0.1 \rightarrow \frac{\alpha}{20-\alpha} = 0.1 \rightarrow \alpha = 1.82$$

* اما این مقدار به هم است پس عوامل موثر بر افزایش α را مورد بررسی قرار می دهیم:

۱- دما: دما را افزایش دهیم

۲- نیروی یونانی: نیروی را کاهش دهیم و Fe را جاذب تولید کنیم

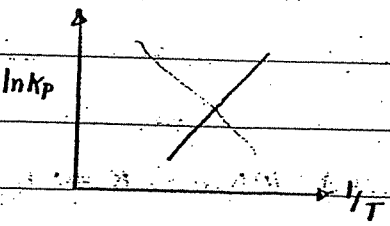
بررسی تأثیر K از دما:

$$\left(\frac{\partial \frac{\Delta G^\circ}{T}}{\partial T} \right)_P = - \frac{\Delta H^\circ}{T^2}$$

$$\frac{\partial -RT \ln K_p}{\partial T} = - \frac{\Delta H^\circ}{T^2}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p$$

$$\frac{\partial \ln K_p}{\partial \frac{1}{T}} = \frac{\Delta H^\circ}{R} \rightarrow \frac{\partial \ln K_p}{\partial \frac{1}{T}} = \frac{-\Delta H^\circ}{R}$$



* $\ln K_p$ بر حسب $\frac{1}{T}$ یک خط راست است

از شیب مستقیم ΔH° و دالان ΔH° خواهد بود

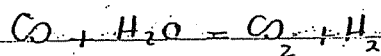
تمرین: برای واکنش $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ در دمای $690 K$ ، $K_p = 10$ ، چنانچه ΔG° باشد، $\Delta H^\circ = 10200 \text{ cal}$ ، $T = 248$

اگر K_p را به 800 رسانیم چه می شود؟

پاسخ: چنانچه گازهای CO و H_2O را به نسبت 0.4 و 0.2 (مول) در دمای $800 K$ وارد ظرفی کنیم

۵۱ پس از برقراری تعادل فشار جزئی هر گاز را محاسبه کنید

AZAD



$$\frac{\partial \ln K_p}{\partial T} = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2} \rightarrow \int_{690}^{800} d \ln K_p = \int_{690}^{800} \frac{\Delta H^\circ}{RT^2} dT$$

$$\rightarrow \ln K_{800} - \ln K_{690} = \frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{690} - \frac{1}{800} \right) \rightarrow \ln K_{800} - \ln 10 = \frac{10200}{1.98} \left(\frac{1}{690} - \frac{1}{800} \right)$$

$$\rightarrow \ln K_{800} = 3.32 \rightarrow K_{800} = 27.9$$



$$K_p = K_x \cdot P_T = K_x$$

$$n_T = 0.6$$

$$10 \quad 0.4 \quad 0.2 \quad 0 \quad 0$$

$$0.4 - \alpha \quad 0.2 - \alpha \quad \alpha \quad \alpha$$

$$X_{\text{CO}} = \frac{0.4 - \alpha}{0.6}$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0.2 - \alpha}{0.6}$$

$$X_{\text{CO}_2} = \frac{\alpha}{0.6}$$

$$X_{\text{H}_2} = \frac{\alpha}{0.6}$$

$$\left(\frac{\alpha}{0.6} \right)^2$$

$$\alpha^2$$

$$= 27.$$

$$\left(\frac{0.4 - \alpha}{0.6} \right) \left(\frac{0.2 - \alpha}{0.6} \right)$$

$$(0.4 - \alpha)(0.2 - \alpha)$$

میزان: 1.588 g از N_2O_4 در ظرفی 500 ml و دمای 25°C قرار دارد. در تعادل فشار داخل ظرف هوای 1 atm است. درجه تجزیه N_2O_4 را در فشار 0.5 atm و دمای 25°C و به کمک K_p و K_x تعیین کنید.



$$0.017$$

$$0.017 - \alpha \quad 2\alpha$$

با استفاده از این داده‌ها و به کمک K_p و K_x درجه تجزیه تعیین خواهد شد.

$$1.588 \text{ g N}_2\text{O}_4 \times \frac{1 \text{ mol}}{92 \text{ g}} = 0.017 \text{ mol}$$

$$1 \text{ atm, } 25^\circ\text{C} : P_t V_t = n_t R T \rightarrow n_t = \frac{P_t V_t}{R T} = \frac{1 \times 0.5}{0.082 \times 293} = 0.02$$

$$n_t = 0.017 - \alpha + 2\alpha = 0.017 + \alpha = 0.02 \rightarrow \alpha = 0.002 \text{ mol}$$

$$0.017 \text{ mol} \quad \alpha = 0.002$$

$$1 \text{ mol}$$

$$?$$

$$\rightarrow K_p = 0.16$$

(برای 1 mol)

$$K_x = \frac{(2\alpha)^2}{(0.017 - \alpha)} = \frac{(0.004)^2}{(0.015)} = 0.001 \rightarrow K_p = K_x P_t^{\Delta n}$$

$$P_t = 1 \text{ atm} \rightarrow K_p = K_x = 0.001$$

$$0.5 \text{ atm, } 25^\circ\text{C} : P_t V_t = n_t R T \rightarrow n_t = \frac{0.5 \times 0.5}{0.082 \times 293} = 4 \times 10^{-4} \quad \begin{matrix} 0.02 \\ \times 0.02 \end{matrix}$$

$$n_t = 0.017 + \alpha = 0.0004 \rightarrow \alpha < 0 \quad ?$$

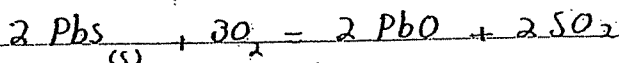
برای تعیین دمای واکنش بر مبنای ΔG° ، ΔS° ، ΔH° ، ΔG° و ΔH° در دمای 1000K

از برای تعیین

تعداد مول هوا را طوری تعیین کنید که برای هر مول PbS دمای واکنش 1000K کارزند

تعیین کنید که هم PbS دهم هوا دارای دمای اولیه 300K است. فرض شود تمام PbS مصرف شود

فشار کل 1atm است.



$$2 \times \text{Pb} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{PbO} \quad \Delta G^\circ = -221836 + 5,565 T \ln T - 1,234 \times 10^{-2} T^2 + 75,65 T$$

$$2 \text{PbS} = 2 \text{Pb} + \text{S}_2 \quad \Delta G^\circ = 314470 - 160,04 T$$

$$\text{S}_2 + 2 \text{O}_2 = 2 \text{SO}_2 \quad \Delta G^\circ = -724840 + 144,85 T$$

$$C_p(\text{Air}) = 29,1 \text{ J} \quad C_p(\text{PbS}) = 44,6 + 1,64 \times 10^{-2} T \text{ J}$$

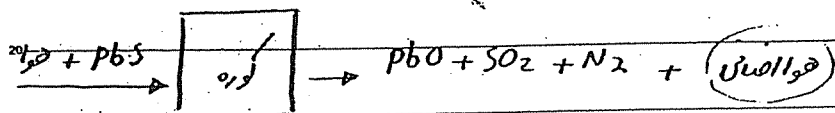
$$\text{Air} = 21\% \text{ O}_2, 79\% \text{ N}_2$$

$$\frac{\partial (\frac{\Delta G}{T})}{\partial T} = \frac{-\Delta H}{T^2}$$

اگر سوال شود واکنش بر مبنای است

یا بر مبنای

باید که



چون گفته شده تمام PbS مصرف

شده یا هوا به اندازه کافی بوده و یا

زیادتر بوده است

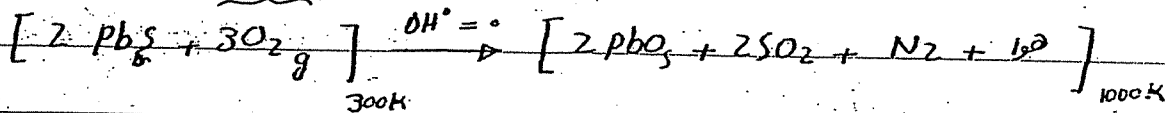
$$\Delta G_T^\circ = 2 \Delta G_{\text{SO}_2}^\circ + 2 \Delta G_{\text{PbO}}^\circ - 3 \Delta G_{\text{O}_2}^\circ - 2 \Delta G_{\text{PbS}}^\circ$$

$$\frac{\partial (\frac{\Delta G_T^\circ}{T})}{\partial T} = \frac{-\Delta H_T^\circ}{T^2} \rightarrow \Delta H_T^\circ = F(T) \rightarrow \Delta H_{1000}^\circ = \dots$$

دمای واکنش:

$$\Delta S_T^{\circ} \text{ کالری} \quad \Delta G_T^{\circ} = \Delta H_T^{\circ} - T \Delta S_T^{\circ} \Rightarrow \Delta S_T^{\circ} = \frac{\Delta H_T^{\circ} - \Delta G_T^{\circ}}{T}$$

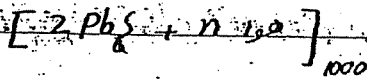
$$\frac{\partial \Delta G_T^{\circ}}{\partial T} = -\Delta S_T^{\circ}$$



ΔH_1 ↓

ΔH_{1000}

اگر دالین اثرات و تغییرات اضافی تاثیر بر



ΔH° عبارت از ΔH_F عناصر صورت است

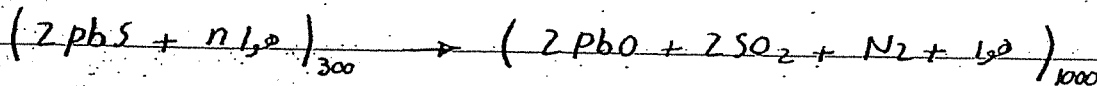
$$\Delta H_1 = \int_{300}^{1000} (2C_p^{\text{PbS}} + nC_p^{\text{H}_2\text{O}}) dT$$

اگر تغییرات حرارتی داشته باشیم

$T = 1000$

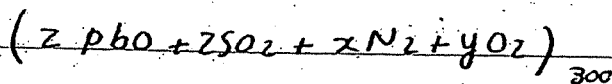
اگر تغییرات حرارتی نداشته باشیم

$T = 1000$



ΔH ↓

$$\Delta H = \int (2C_p^{\text{PbO}} + 2C_p^{\text{SO}_2} + xC_p^{\text{N}_2} + yC_p^{\text{O}_2}) dT$$



$$(y+3) \text{ O}_2 = x \text{ N}_2$$

$$0.121$$

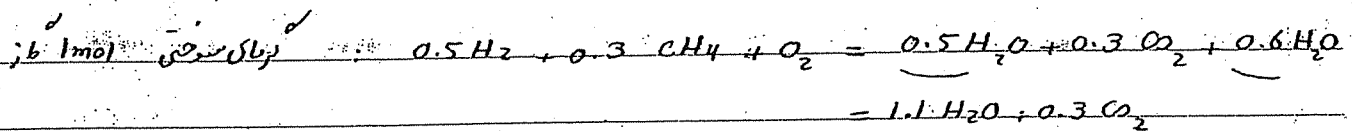
$$0.79$$

Date :

Subject :

Page : ()

$$\Delta H_1 = \int_{300}^{1200} n C_p dT \quad , \quad n = \frac{m}{M} = \frac{1120 \times 10^3}{56}$$



$$\Delta H_2 = \dots$$

$$\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} = \dots$$

Page : ()

Date : _____

Subject : _____

Page : _____

5

10

15

20

25

AZAD