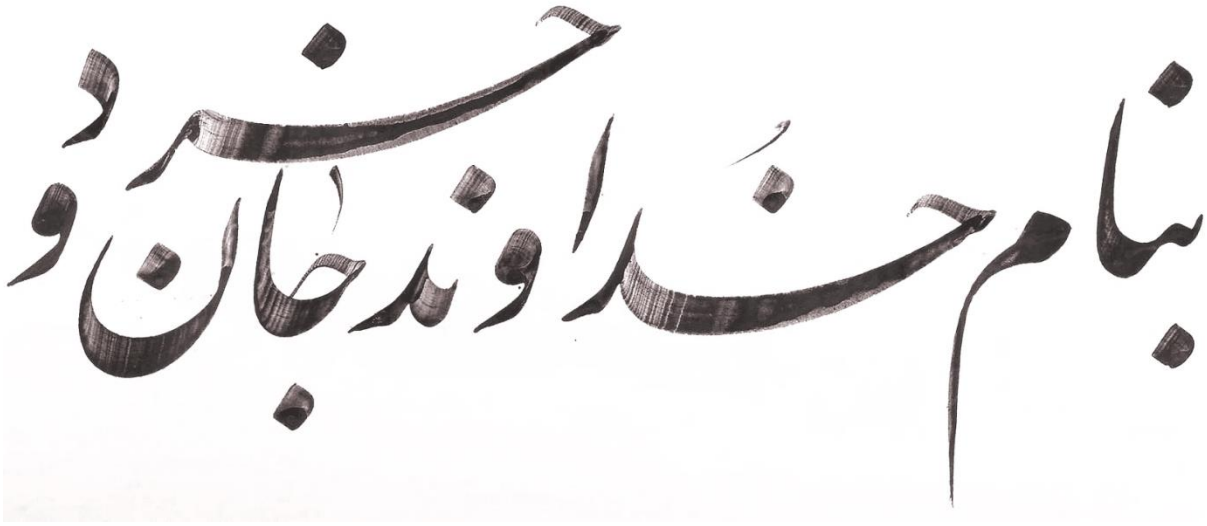


AFAGH

آکادمی فیزیک استاد قدس

۰۹۱۲۴۳۱۰۸۰۴

afagh.in afagh_in afagh.in

«خلاصه فیزیک دهم»

هفت کمیت اصلی و یکای آنها در SI :

کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کِلوین	K
مقدار ماده	مُول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کَندِلا (شمع)	cd

پیشوندهای یکاها عبارتند از:

پیشوندهای کوچکتر از ۱			پیشوندهای بزرگتر از ۱		
پیشوند	ضریب	نماد	پیشوند	ضریب	نماد
دسی	$۱۰^{-۱}$	d	دکا	$۱۰^{۱}$	da
سانتی	$۱۰^{-۲}$	c	هکتو	$۱۰^{۲}$	h
میلی	$۱۰^{-۳}$	m	کیلو	$۱۰^{۳}$	k
میکرو	$۱۰^{-۶}$	μ	مگا	$۱۰^{۶}$	M
نانو	$۱۰^{-۹}$	n	گیگا	$۱۰^{۹}$	G
پیکو	$۱۰^{-۱۲}$	P	ترا	$۱۰^{۱۲}$	T

چگالی: جرم یکای حجم یک ماده:

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

ρ : چگالی ماده

m : جرم ماده

V: حجم ماده

- اگر m بر حسب گرم و V بر حسب سانتیمتر مکعب جایگذاری شود، ρ بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب به دست می‌آید.
- اگر m بر حسب کیلوگرم و V بر حسب متر مکعب جایگذاری شود، ρ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب به دست می‌آید.

رابطهٔ بین یکاهای چگالی:

$$۱\frac{R}{cm^۳} = ۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳} = ۱۰۰۰\frac{g}{Lit}$$

چگالی مخلوط (آلیاژ):

$$\rho' = \frac{m_۱ + m_۲ + ...}{V_۱ + V_۲ + ...}$$

$m_۱, m_۲$ و ..... جرم اجزای تشکیل دهندهٔ مخلوط

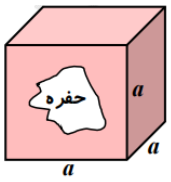
$V_۱, V_۲$ و ..... حجم اجزای تشکیل دهندهٔ مخلوط

ρ :چگالی مخلوط

- اگر حجم موادی که آنها را با هم مخلوط می‌کنیم، یکسان باشد، چگالی مخلوط میانگین چگالی موادی میشود که آنها را با هم مخلوط کرده‌ایم:

$$\rho' = \frac{\rho_۱ + \rho_۲ + ... + \rho_n}{n}$$

چگالی جسم حفره دار:



V ظاهری $= a^۳$

V واقعی $= \frac{m}{V}$

Vحفره $=$ Vظاهری $-$ Vواقعی

فشار: نیروی عمودی وارد بر یکای سطح:

$$\rho = \frac{F}{A}$$

P : فشار بر حسب پاسکال (Pa)

F : نیرو بر حسب نیوتون (N)

A : مساحت بر حسب متر مربع (m^2)

فشار ناشی از مایع

$$\rho = \rho gh$$

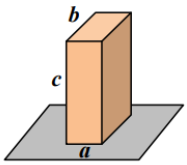
P : فشار بر حسب پاسکال (Pa)

ρ :چگالی بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب (kg/m^3)

g : شتاب گرانش که عموماً $10 m/s^2$ در نظر گرفته میشود.

h : عمق مایع بر حسب متر (m)

- فشار مایع به شکل ظرف یا مساحت مقطع آن بستگی ندارد.
- برای جامدهای توپری به شکل مکعب، مکعب مستطیل و یا استوانهٔ قائم هم میتوان رابطهٔ $P = \rho gh$ را به کار برد:



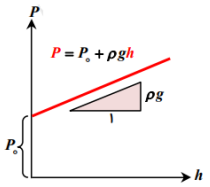
$$\begin{cases} P_{max} = \frac{mg}{A_{min}} = \frac{mg}{ab} = \rho gh_{max} = \rho gc \\ P_{min} = \frac{mg}{A_{max}} = \frac{mg}{bc} = \rho gh_{min} = \rho ga \end{cases}$$

- برای تبدیل فشار از سانتیمتر جیوه (cmHg)به پاسکال داریم: جیوه $P = \rho$ جیوه ^{gh}
- برای تبدیل فشار ناشی از مایع به سانتیمتر جیوه میتوان نوشت:

مایع ρ مایع ^{h} =جیوه ρ جیوه h

- چگالی گازها خیلی کم است، پس فشار گاز در تمام نقط یک محفظهٔ کوچک را می‌توان یکسان فرض کرد.
- هوا هم شاره است و به علت وزن خود فشار ایجاد میکند.

فشاری که در سطح دریاهای آزاد ایجاد میشود تقریباً برابر $P_\circ = 1atm \simeq 1bar = 10^5 atm$ است. این فشار معادل فشار ناشی از ستون آبی به ارتفاع $10cm$ یا ستون جیوه‌ای به ارتفاع $76cm$ میباشد، بنابراین فشار کلی ناشی از فشار هوا و مایع در عمق h آن برابر است با:



$$P = P_\circ + \rho gh$$

P : فشار کل بر حسب پاسکال (Pa)

$P_\circ$: فشار هوا بر حسب پاسکال (Pa)

ρ :چگالی بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب (kg/m^3)

g : شتاب گرانش که عموماً $10m/s^2$ در نظر گرفته می‌شود.

h : عمق مایع بر حسب متر (m)

فشار مطلق و پیمانه‌ای: فشار کل در هر نقطه از شاره را فشار مطلق (P)می‌گویند. فشار پیمانه‌ای (P_g)،اختلاف فشار مطلق و فشار هواست، یعنی داریم:

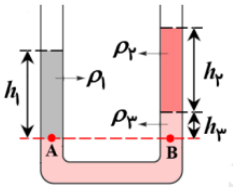
$$P_g = P - P_\circ$$

در این رابطه، باید از یکای یکسانی برای P, P_g و $P_\circ$ استفاده کنیم.

اصل پاسکال: فشار وارد بر مایع محصور در یک ظرف، بدون کاهش به تمام قسمت‌های مایع و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود.

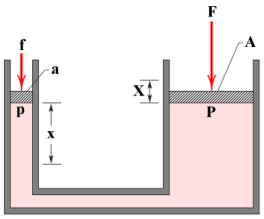
برخی از کاربردهای فشار:

(الف) لولهٔ U شکل:



$$P_A = P_B$$
$$\rightarrow P_\circ + \rho_1 gh_1 = P_\circ + \rho_2 gh_2 + \rho_3 gh_3$$
$$\rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 gh_3$$
$$\rightarrow \boxed{(\sum \rho gh) = (\sum \rho h)'}$$

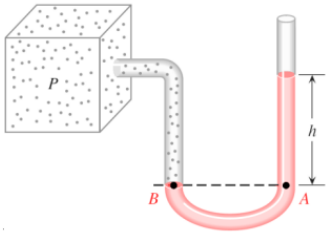
(ب) بالابر هیدرولیکی:



$$P = \rho$$

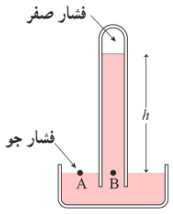
$$\rightarrow \boxed{\frac{F}{f} = \frac{A}{a} = (\frac{R}{r})^{۲} = \frac{x}{X}}$$

(پ) فشارسنج (مانومتر):



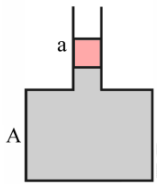
$$P_B = P_A$$
$$\rightarrow P = \rho gh + P_\circ$$
$$\rightarrow P - P_\circ = \rho gh$$
$$\rightarrow \boxed{P_g = \rho gh}$$

(ت) جوسنج جیوهای (بارومتر):



$$P_A = P_B$$
$$\rightarrow P_\circ = \circ + \rho gh$$
$$\rightarrow \boxed{P_\circ = \rho gh}$$

(ث) ظرف با دو سـطح مقطـع مختلـف:



اگـر m کیلـوگرم مایع قرمز بریزیم، فشار $\Delta P = \frac{mg}{a}$ عیناً بـه کـف ظـرف وارد می‌شود. افزایش نیروی وارد بر کف ظرف عبارتست از:

$$\boxed{\Delta F = \Delta P.A = mg(\frac{A}{a})}$$

شناوری: اصل ارشمیدس:

"وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فـرو رود، شـاره نیرویـی بالاسو بر آن وارد می‌کند که با وزن شارهٔ جابه‌جا شده توسط جسم برابر است." این نیرو را نیروی شناوری می‌نامند و با F_b نشان می دهند.

نیروی شناوری از این رابطه به دست می‌آید: $F_b = \rho_\circ Vg$

F_b : نیروی شناوری بر حسب نیوتون (N)

$\rho_\circ$: چگالی مایع بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب (kg/m^3)

V : حجمی از جسم که در داخل مایع قرار دارد بر حسب متر مکعب (m^3)

g : شتاب گرانش که عموماً $10 m/s^2$ در نظر گرفته می‌شود.

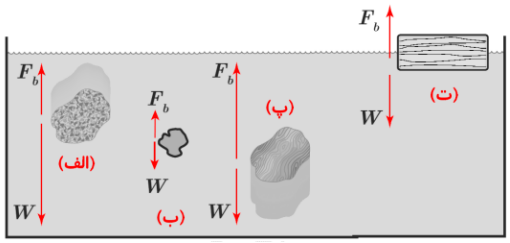
وضعیت جسم در داخل یک شاره: اگر جسمی به چگالی ρ درون شاره‌ای به چگالی $\rho_\circ$ قرار گیرد، دو نیروی شناوری (F_b) و وزن (W) بر جسم اثر می‌کنند و وضعیت جسم یکی از این چهار حالت است:

الف. فرورفتن $W > F_b \Leftrightarrow \rho > \rho_\circ$

ب.غوطه‌وری $W = F_b \Leftrightarrow \rho = \rho_\circ$

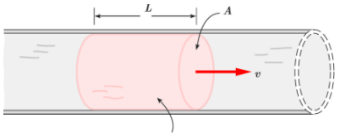
پ. بالارفتن $W < F_b \Leftrightarrow \rho < \rho_\circ$

ت. شناوری: $W = F_b \ , \ \rho > \rho_\circ$



شارهٔ در حرکت:

آهنگ شارش حجمی $= R = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{\Delta t} = Av$



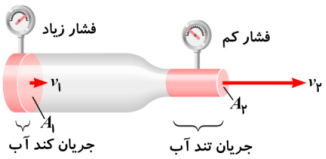
حجم این بخش شاره برابر AL است.

معادلهٔ پیوستگی: در حالت پایا، آهنگ شارش حجمی شاره از هر مقطع آن مقدار ثابتی است، یعنی داریم: $R_1 = R_2 \longrightarrow A_1v_1 = A_2v_2$

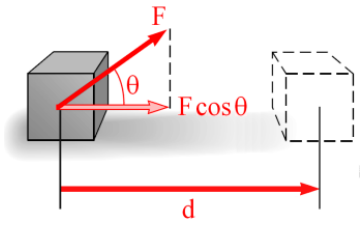
این رابطه حالت مقایسه‌ای دارد، یعنی برای تندی مایع در مقطع‌های مختلف (v_1, v_2) و مساحت مقطع‌های مختلف (A_1, A_2) باید یکسای یکسانی به کار برد.

اصل برنولی: در مسیر افقی حرکت یک شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.

برای مثال در شکل زیر، با کاهش سطح مقطع لوله، تندی آب افزایش یافته (معادلهٔ پیوستگی) و فشار آن کاهش می‌یابد. (اصل برنولی)



رابطهٔ کار: $w = Fd\cos\theta$



W : کار بر حسب ژول (J)

F : نیرو بر حسب نیوتون (N)

d : جابه‌جایی بر حسب متر (m)

θ : زاویهٔ بین نیرو و جابه‌جایی

بسته به زاویهٔ θ سه حالت داریم:

(الف) θ حاده: کار مثبت است و تندی جسم افزایش می‌یابد.

(ب) θ قائم: کار صفر است، مانند نیروی عمودی سطح در جابه‌جایی افقی

(پ) θ منفرجه: کار منفی است و تندی جسم کاهش می‌یابد.

- جابه‌جایی و نیرو کمیت‌های برداری هستند، اما حاصلضرب نرده‌ای این دو بردار، یعنی کار، کمیتی نرده‌ای است: $W = \vec{F}.\vec{d} \xrightarrow[\vec{d}=d_x\vec{i}+d_y\vec{j}]{\vec{F}=F_x\vec{i}+F_y\vec{j}} W = (F_x \times d_x) + (F_y \times d_y)$
- نیروی پایستار: نیرویی که کارش به مسیرش بستگی ندارد، مانند نیروی وزن، فنر و الکتریکی.
- نیروی ناپایستار (اتلافی): نیرویی که کارش به مسیر بستگی دارد، مانند اصطکاک و نیروی خارجی F.

کار کل (W_t) : برابر است با جمع جبری کار تک‌تک نیروهای وارد بر جسم:

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$$

انرژی جنبشی:

برابر است با کاری که یک جسم می‌تواند انجام دهد تا به سکون برسد. $K = \frac{1}{2}mv^2$

K : انرژی جنبشی بر حسب ژول (J)

m : جرم جسم بر حسب کیلوگرم (kg)

v : تندی جسم بر حسب متر بر ثانیه (m /s)

- **قضیهٔ کار-انرژی جنبشی:** کار کل انجام شده روی یک جسم با تغییر انرژی جنبشی جسم برابـراست،

یعنی داریم: $W_t = \Delta K \rightarrow W_t = K_2 - K_1 \rightarrow W_t = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$

W_t: کار کل انجام شده روی جسم بر حسب ژول (J)

K_1 : انرژی جنبشی اولیه K_2: انرژی جنبشی نهایی ΔK : تغییر انرژی جنبشـی همـه بـر حسـب ژول(J)

m : جرم جسم بر حسب کیلوگرم (kg)

v_1: تندی اولیه v_2: تندی نهایی هر دو بر حسب متر بر ثانیه (m /s)

- اگر علامت کار کل مثبت باشد، تندی و انرژی جنبشی جسم افزایش مییابد.
- اگر علامت کار کل منفی باشد، تندی و انرژی جنبشی جسم کاهش مییابد.

انرژی پتانسیل:

به علت مکان اجسام یک سامانه (دستگاه) نسبت به یکدیگر به وجـود می‌آیـد. مانند انرژی پتانسیل گرانشی، انرژی پتانسیل کشسانی و انرژی پتانسیل الکتریکی.

- **کار نیروی وزن:** وزن نیرویی پایستار است، بنابراین کار نیروی وزن مستقل از مسـیر جابـه‌جایی است و تنها به فاصلهٔ قائم بین نقطه‌های ابتدایی و انتهایی بستگی دارد:

الف) اگر جسم در راستای قائم به اندازهٔ h پایین بیاید: $W_g = +mgh$

ب) اگر جسم در راستای قائم به اندازهٔ h بالا برود: $W_g = -mgh$

W_g : کار نیروی وزن بر حسب ژول (J)

m : جرم جسم بر حسب کیلوگرم (kg)

g : شتاب گرانش که عموماً $۱۰ m/s^۲$ در نظر گرفته می‌شود.

h : تغییر ارتفاع قائم جسم بر حسب متر (m)

- انرژی پتانسیل گرانشی سامانهٔ متشکل از زمین و جسمی به جرم m که به اندازهٔ h بالاتر ازسطح مبدأ باشد، برابر است با: $U_g = mgh$
- اختلاف انرژی پتانسیل گرانشی بین دو نقطه، برابر با منفی کار نیروی وزن در جابه‌جایی بین آن دو نقطه است. $W_g = -\Delta U_g$

مجموع انرژیهای جنبشی و پتانسیل یک جسم را انرژی مکانیکی (E) آن می‌نامیم، یعنی داریم:

$E = U + K$

- اگر تنها نیروهای پایستار (مانند نیروی وزن و نیروی فنر) بر جسمی اثر کنند، انرژی مکانیکی آن پایسته (ثابت) می‌ماند. این بیان اصل پایستگی انرژی مکانیکی نام دارد: $E_۲ = E_۱ = \text{ثابت}$
- در حالتی که هم نیروهای پایستار و هم نیروهای ناپایستار (مقاومت هوا، اصطکاک، نیروی کشش نخ و نیروی خارجی F) بر جسمی اثر کنند، تغییرات انرژی مکانیکی جسم در یک جابه‌جایی معین برابر کار نیروی ناپایستار (W_f) در این جابه‌جایی است، یعنی: $E_۲ - E_۱ = W_f$

$E_۲$: انرژی مکانیکی ثانویه، $E_۱$: انرژی مکانیکی اولیه، W_f : کار نیروی ناپایستار و همگی بر حسب ژول هستند.

نتیجهٔ کلی از اصل پایستگی انرژی مکانیکی:

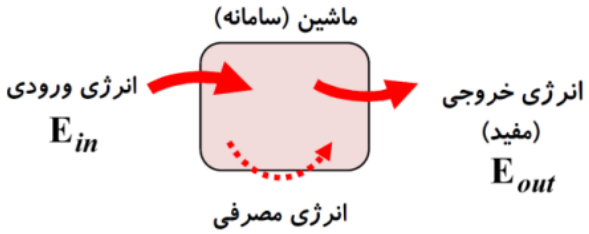
اگر جسمی را در شرایط خلأ با تندی v_0 پرتاب کنیم:

(الف) تندی جسم در نقطه‌ای که به اندازهٔ h بالای نقطهٔ پرتاب برابر است با: $v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$

(ب) تندی جسم در نقطه‌ای که به اندازهٔ h پایین نقطهٔ پرتاب برابر است با: $v_2 = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$

توان

عبارتست از آهنگ انجام کار: $P = \frac{W}{t}$



P : توان بر حسب وات (W)

W : کار بر حسب ژول (J)

t :زمان بر حسب ثانیه (s)

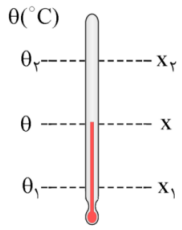
- توان کمیتی نردهای و حاصلضرب نردهای بردار نیرو در بردار سرعت است:

$$P = \vec{F}.\vec{v}$$

- کسری از انرژی ورودی که به کار تبدیل میشود را بازده می‌نامیم:

$$\text{بازده} = \eta = \frac{W_{out}}{W_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

مدرج کردن دماسنج:



فرض کنید یک دماسنج مجهول، دماهای θ_1 و θ_2 درجهٔ سلسیوس را برابر x_1 و x_2 نشان دهد، خواهیم داشت:

$$\frac{\theta-\theta_1}{\theta_2-\theta_1}=\frac{x-x_1}{x_2-x_1}$$

اگر این رابطه را با استفاده از جبر ساده کنیم، به رابطهٔ بین مقیاس معلوم (θ) و مجهول (x) می‌رسیم.

- رابطهٔ بین مقیاس سلسیوس و کلوین: $T=\theta+273 \Rightarrow \Delta T=\Delta\theta$
- رابطهٔ بین مقیاس سلسیوس و فارنهایت: $F=\frac{9}{5}\theta+32 \Rightarrow \Delta T=\frac{9}{5}\Delta\theta$

T : دمای مطلق بر حسب کلوین (K)

θ : دمای سلسیوس بر حسب درجهٔ سلسیوس ($^\circ C$)

F : دمای فارنهایت بر حسب درجهٔ فارنهایت (F)

- **انبساط طولی** $\Delta L=L_1\alpha\Delta\theta \Rightarrow L_2=L_1(1+\alpha\Delta\theta)$
- **انبساط سطحی** $\Delta a=A_1\alpha\Delta\theta \Rightarrow A_2=A_1(1+2\alpha\Delta\theta)$
- **انبساط حجمی** $\Delta V=V_1 3\alpha\Delta\theta \Rightarrow V_2=V_1(1+3\alpha\Delta\theta)$
- **تغییر چگالی با دما:** $\Delta\rho=-\rho_1 3\alpha\Delta\theta \Rightarrow \rho_2=\rho_1(1-3\alpha\Delta\theta)$

L_1 : طول اولیه، L_2 طول نهایی، ΔL تغییر طول هر سه بر حسب یک یکا.

A_1: اولیه مساحت، A_2 مساحت نهایی، ΔA تغییر مساحت هر سه بر حسب یک یکا.

V_1 حجم اولیه : V_2 حجم نهایی، ΔV تغییر حجم هر سه بر حسب یک یکا.

ρ_1 اولیه چگالی ، ρ_2 چگالی نهایی، $\Delta\rho$ تغییر چگالی هر سه بر حسب یک یکا.

α : ضریب انبساط طولی بر حسب بر کلوین $(\frac{1}{k})$

$\Delta\theta$:تغییر دما بر حسب کلوین یا درجهٔ سلسیوس $(^\circ C)$

- جملهٔ $\alpha\Delta\theta$ بی بُعد است، پس در این رابطه‌ها کافی است از یکاهای یکسانی برای بقیهٔ کمیتها استفاده کنیم. برای مثال در رابطهٔ $\Delta L = L_1\alpha\Delta\theta$، اگر L_1 را بر حسب میلی متر جایگذاری کنیم، ΔL را بر حسب میلیمتر به دست می‌آوریم.
- به طور ساده اگر دما بالا برود و طول جسمی بر اثر انبساط ۱ درصد افزایش یابد، مساحت رویهٔ جسم ۲ درصد افزایش می‌یابد، حجم جسم ۳ درصد افزایش می‌یابد و چگالی جسم ۳ درصد کاهش می‌یابد.
- انبساط ظاهری مایع: انبساط مایعات خیلی بیشتر از انبساط جامدات است.

حجم مایع بیرون ریخته = انبساط ظاهری مایع $= \Delta V$ مایع $- \Delta V$ ظرف $= V_1(\beta - 3\alpha)\Delta\theta$

α :ضریب انبساط طولی ظرف جامد بر حسب بر کلوین $(\frac{1}{k})$

β : ضریب انبساط حجمی مایع بر حسب بر کلوین $(\frac{1}{k})$

$\Delta\theta$: تغییر دما بر حسب کلوین یا درجهٔ سلسیوس $(^\circ C)$

V_1 : حجم اولیهٔ ظرف که بر حسب هر واحدی قرار داده شود، انبساط ظاهری هم به همان واحد به دست می‌آید.

- به علت انبساط غیرعادی، آب در $4^\circ C$ دارای کمترین حجم و بیشترین چگالی است.

اگر به جسمی گرما بدهیم، گرما می‌تواند صرف دو چیز شود:

(الف) افزایش دما: گرمای لازم برای افزایش دما: $Q = mc\Delta\theta$

(ب) تغییر حالت: گرمای لازم برای تغییر حالت: $Q = mL$

Q : گرمای داده شده به جسم بر حسب ژول (J)

m : جرم جسم بر حسب کیلوگرم (kg)

c : گرمای ویژهٔ جسم بر حسب ژول بر کیلوگرم درجهٔ سلسیوس $(J/kg.^\circ C)$

$\Delta\theta$:تغییر دما بر حسب کلوین یا درجهٔ سلسیوس (C)

L : گرمای نهان ویژهٔ ذوب (L_f) یا تبخیر (L_V) بر حسب ژول بر کیلوگرم (J/kg)

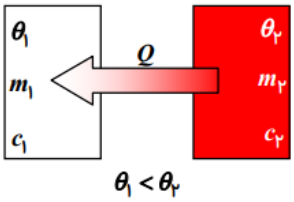
محاسبهٔ گرمای لازم برای تبدیل یخ $-۲۰^\circ C$ آب بخار به $۱۰۰^\circ C$:

بخار $۱۰۰^\circ C \xrightarrow{Q_۴}$ آب $۱۰۰^\circ C \xrightarrow{Q_۳}$ آب $۰^\circ C \xrightarrow{Q_۲}$ یخ $۰^\circ C \xrightarrow{Q_۱}$ یخ $-۲۰^\circ C$

$$Q = Q_۱ + Q_۲ + Q_۳ + Q_۴ =$$
$$\rightarrow Q = mc_i\Delta\theta_i + mL_F + mc_w\Delta\theta_w + mL_V$$

i: یخ w: آب L_F: گرمای نهان ویژهٔ ذوب L_V: گرمای نهان ویژهٔ تبخیر

تعادل گرمایی: فرض کنید مطابق شکل دو جسم (۱)و (۲)در تماس با یکدیگر قرار دارند. در این حالت انرژی گرمایی به علت وجود اختلاف دما بین دو جسم از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر شارش می‌کند. این شارش گرما تا آنجا ادامه می‌یابد که دو جسم هم‌دما شده و به دمای تعادل (θ_e) برسند. تبادل گرما با محیط اطراف ناچیز است، بنابراین:



$$\boxed{\sum Q = ۰} \rightarrow Q_۱ + Q_۲ = ۰ \rightarrow |Q_۱| = |Q_۲|$$

تعادل گرمایی بدون تغییر حالت:

(الف) اگر دمای تعادل معلوم باشد، بهترین کار آن است که رابطهٔ $\sum Q = ۰$ را باز کنیم و گرمایی که جسم داغ از دست میدهد را برابر با گرمایی که جسم سرد میگیرد، قرار دهیم.

(ب) اگر دمای تعادل مجهول باشد، بهتر است از رابطهٔ دمای تعادل استفاده کرد:

$$\theta_e = \frac{\sum mc\theta}{\sum mc} = \frac{m_۱c_۱\theta_۱ + m_۲c_۲\theta_۲ + ...}{m_۱c_۱ + m_۱c_۱ + ...}$$

θ_1 : دمای اولیهٔ جسم ۱ ، θ_2 : دمای اولیهٔ جسم ۲، θ_e : دمای تعادل، هر سه معمولاً بر حسب درجهٔ سلسیوس $(^\circ C)$

m_1 جرم جسم۱ ، m_2 :جرم جسم ۲ و ....

c_1 : گرمای ویژهٔ جسم ۱ ، c_2 : گرمای ویژهٔ جسم ۲ و ....

- رابطهٔ دمای تعادل مقایسه‌ای است و کافی است برای m ها یک واحد و برای c ها یک واحد استفاده شود.
- **تعادل گرمایی همراه با تغییر حالت:** عموماً مربوط به تعادل آب و یخ است. فرض کنید m_i یخ با دمای $-\theta_i$ را با m_W گرم آب با دمای θ_W مخلوط کرده‌ایم. ابتدا حدس میزنیم دمای تعادل صفر درجهٔ سلسیوس باشد. گرمای لازم برای آنکه یخ به طور کامل ذوب شود، برابر $Q_i = m_i c_i \theta_i + m_i L_F$ و گرمایی که آب آزاد می‌کند تا به صفردرجهٔ سلسیوس برسد برابر، $Q_W = m_W c_W \Delta\theta_W$ است.

لازم به یادآوری است که با استفاده از تساویهای $c_i = \frac{1}{2} c_W$ و $L_F = 80 c_W$، تمام محاسبات را بر حسب گرمای ویژهٔ آب انجام می‌دهیم. حالا بسته به مقادیر Q_i و Q_W سه حالت ممکن است اتفاق بیفتد:

الف) اگر $Q_W < Q_i$ باشد، گرمایی که آب آزاد می‌کند، برای ذوب تمام یخ کافی نیست . بدیهی است که دمای تعادل در این حالت برابر $\theta_e = 0$ است و جرم یخی که در تعادل با آب باقی می‌ماند (m'_i) ، ازرابطهٔ $m'_i L_F = Q_i - Q_W$ به دست می‌آید.

ب) اگر $Q_W - Q_i$ باشد، حدسمان درست بوده و پس از رسیدن به تعادل گرمایی فقط آب با دمای $0^\circ C$ باقی‌می‌ماند.

پ)اگر $Q_W > Q_i$باشد، گرمایی که آب آزاد می‌کند، بیش از مقدار لازم برای ذوب یخ است و در تعادل گرمایی آب با دمای بالاتر از صفر درجهٔ سلسیوس باقی می‌ماند. برای محاسبهٔ دمای تعادل (θ_e) داریم:

$$(m_i + m_W) c_W \theta_e = Q_W - Q_i$$

روشهای انتقال گرما:

(الف) رسانش: مکانیزم غالب در جامدها، در نافلزات گرما صرفاً از طریق ارتعاش اتمها منتقل می‌شود، در حالی که در فلزات، افزون بر ارتعاش‌های اتمی، الکترون‌های آزاد نیز در انتقال گرما نقش دارند، به همین دلیل رسانش گرمایی فلزات بهتر از نافلزات است.

(ب) همرفت: مکانیزم غالب در شاره‌ها، بر شارهٔ گرم نیروی شناوری رو به بالا وارد می‌شود و جایش را شارهٔ سردتر می‌گیرد. همرفت طبیعی: مانند نسیم از دریا به ساحل در روز و نسیم از ساحل به دریا در شب. همرفت واداشته: از یک تلمبه استفاده می‌شود، مانند سیستم خنک کنندهٔ موتور اتومبیل، شوفاژ و گردش جریان خون.

پ) تابش: نیازی به محیط مادی نیست، انرژی به صورن موج‌های الکترومغناطیسی منتقل می‌شود. در دماهای زیر $۵۰۰^{\circ}C$ ، تابش گرمایی عمدتاً به صورت تابش فروسرخ است. برای آشکارسازی تابش فروسرخ از دمانگار استفاده می‌شود و به تصویر حاصل دمانگاشت گفته می‌شود.

قانون گازهای کامل (آرمانی):

$$PV = nRT$$

P : فشار گاز بر حسب پاسکال (P_a)

V : حجم گاز بر حسب متر مکعب (m^3)

R : ثابت گازها و برابر $۸/۳۱۴ J/mol.K$ که عموماً در مسایل $۸ J/mol.K$ در نظر گرفته می‌شود.

T : دمای مطلق گاز بر حسب کلوین (K)

n :تعداد مولها، در ترمودینامیک مقدار ماده را به جای کیلوگرم بر حسب مول بیان می‌کنند:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

m : جرم گاز M : جرم مولی گاز

N : تعداد اتمهای گاز N_A : عدد آووگادرو $(N_A \simeq ۶\times۱۰^{۲۳})$

صورت مقایسه‌ای قانون گازهای آرمانی (کامل):

مقدار R ثابت است، پس از قانون گازهای کامل داریم:

$$PV = nRT \rightarrow \frac{PV}{nT} = R \rightarrow \frac{PV}{RT} = \text{ثابت}$$

پس اگر در یک فرایند گاز از حالت ۱(با فشار P_1 ،حجم V_1 ، تعداد مول n_1 و دمای T_1) به حالت ۲ (با فشار P_2 ،حجم V_2 ، تعداد مول n_2 و دمای T_2) برسد، خواهیم داشت:

$$\boxed{\frac{P_2V_2}{n_2T_2} = \frac{P_1V_1}{n_1T_2}}$$

در صورت مقایس‌های قانون گازهای آرمانی حتماً باید دما را بر حسب کلوین به کار ببریم، اما چونرابطه حالت مقایسه‌ای دارد، برای فشار و حجم تنها کافی است از واحدهای یکسانی در دو طرف تساوی استفاده کنیم.

چگالی گاز کامل:

$$PV = nRT \rightarrow PV = \frac{m}{M}RT \rightarrow \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT} \rightarrow \boxed{\rho = \frac{PM}{RT}}$$

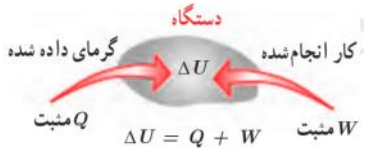
P : فشار گاز کامل بر حسب پاسکال (Pa)

R : ثابت گازها که عموماً در مسایل $8\ J/mol.K$ در نظر گرفته می‌شود.

M : جرم مولی گاز بر حسب کیلوگرم بر مول (kg / mol)

T : دمای مطلق گاز بر حسب کلوین (K)

قانون اول ترمودینامیک: اگر دستگاه در فرایندی گرمای Q را بگیرد و کار W بر روی آن انجام شود، تغییر انرژی درونی آن (ΔU) برابر است با: $\boxed{\Delta U = Q + W}$



مطابق شکل، در این رابطه اگر انرژی به صورت کار یا گرما وارد دستگاه شود، علامت کار یا گرما مثبت خواهد بود. همچنین اگر انرژی به صورت کار یا گرما از دستگاه خارج شود، علامت کار یا گرما منفی خواهد بود.

کار محیط روی دستگاه:

W : کاری که محیط روی دستگاه انجام میدهد بر حسب ژول (J)

P : فشار بر حسب پاسکال (Pa)

ΔV :تغییر حجم دستگاه بر حسب متر مکعب (m^3)

- گاز منبسط شود $(\Delta V > 0)$ علامت کار منفی است.

  اگر گاز متراکم شود $(\Delta V < 0)$ ،علامت کار مثبت است.

- انرژی درونی: مجموع انرژیهای جنبشی و پتانسیل مولکول‌های یک ماده است. تنها در مورد گازهای آرمانی، انرژی درونی، متناسب با دمای مطلق گاز است. $(U \propto nT)$ تغییر انرژی درونی گاز کامل، برای هر نوع فرایندی، برابر است با: $\boxed{\Delta U = nC_V\Delta T}$

ΔU :تغییر انرژی درونی برحسب ژول (J)

n : تعداد مولها

ΔT :تغییر دما بر حسب کلوین (K)

C_V : **گرمای ویژهٔ مولی در حجم ثابت:** مقدار گرمایی است که باید در حجم ثابت به یک مول از یک گاز داده شود تا دمای آن یک کلوین بالا رود، گاز تک اتمی: $\frac{3}{2}R$ و گاز دو اتمی: $\frac{5}{2}R$

فرایند هم حجم :

$$W = -P\Delta V \xrightarrow{\Delta V = 0} W = 0$$

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{W=0} \Delta U = Q = nC_V\Delta t$$

$$\text{monoatomic}: \xrightarrow{C_v = \frac{3}{2}R} \Delta U = w = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}V\Delta P$$

$$\text{diatomic}: \xrightarrow{C_v = \frac{5}{2}R} \Delta U = w = \frac{5}{2}nR\Delta T = \frac{5}{2}V\Delta P$$

فرایند هم فشار:

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

$$Q = nC_P\Delta T \rightarrow \begin{cases} \text{monoatomic}: \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}P\Delta V \\ \text{diatomic}: \Delta U = \frac{5}{2}nR\Delta T = \frac{5}{2}P\Delta V \end{cases}$$

گاز تک اتمی: $\frac{۲}{۵}Q=\frac{۲}{۳}\Delta U=-W=P\Delta V$

گاز دو اتمی: $\frac{۲}{۷}Q=\frac{۲}{۵}\Delta U=-W=P\Delta V$

فرایندهم دما:

$$T=\text{ثابت}\xrightarrow{U\propto T}\Delta U=۰$$

$$\Delta U=Q+W\xrightarrow{\Delta U=۰}Q=-W\xrightarrow{|W|=S}|Q|=|W|=S$$

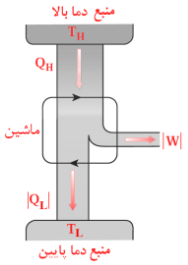
فرایندبی دررو:

$$\Delta U=Q+W\xrightarrow{Q=۰}\Delta U=W=nC_V\Delta T$$

گاز تک اتمی: $\Delta U=W=\frac{۳}{۲}nR\Delta T=\frac{۳}{۲}(P_۲V_۲-P_۱V_۱)$

گاز دو اتمی: $\Delta U=W=\frac{۵}{۲}nR\Delta T=\frac{۵}{۲}(P_۲V_۲-P_۱V_۱)$

ماشین گرمایی:



- قانون اول ترمودینامیک برای ماشین گرمایی:

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

Q_H: گرمایی که ماشین از منبع دما بالا میگیرد (J)

Q_L: گرمایی که ماشینبه منبع دما پایین میدهد (J)

W: کاری که ماشین انجام میدهد، بر حسب ژول (J)

- بازده ماشین گرمایی (η): نسبت کار خروجی از ماشین به گرمای داده شده به آن:

$$\eta=\frac{|W|}{Q_H}=۱-\frac{|Q_L|}{Q_H}$$

- بازده ماشین کارنو: $\eta_{\text{کارنو}}=۱-\frac{T_L}{T_H}$

T_L : دمای مطلق منبع دما پایین بر حسب کلوین (K)

T_H: دمای مطلق منبع دما بالا بر حسب کلوین (K)

قانون دوم ترمودینامیک: به دو بیان ماشین گرمایی و یخچال به کار برده می‌شود:

(الف) بیان ماشین گرمایی: ممکن نیست دستگاه چرخه‌ای را بپیماید که در حین آن گرما را از منبع دما بالا جذب و همهٔ آن را به کار تبدیل کند. بنابر این بیان در یک چرخهٔ ماشین گرمایی $Q \neq 0$ است.

(ب)بیان یخچالی: گرما به طور خودبه‌خودی از جسم با دمای پایین‌تر به جسم دمای بالاتر منتقل نمی‌شود و یخچال برای شارش معکوس گرما حتماً بایدکار مصرف کند. به عبارت دیگر در یک چرخه یخچال $W \neq 0$ است.