

Termodinàmica

Sitio: [Cursos IOC - Batxillerat](#)

Imprimido por: Invitado

Curso: Tecnologia industrial (autoformació IOC)

Día: lunes, 31 de enero de 2022, 01:00

Libro: Termodinàmica

Tabla de contenidos

1. Conceptes de termodinàmica

1.1. Processos i diagrames PV

1.2. Calor específic i canvis de temperatura

1.3. Calor latent i canvis de fase

2. 1r principi de la termodinàmica

3. 2n principi de la termodinàmica



1. Conceptes de termodinàmica

Tal com el seu nom ens indica, la termodinàmica estudia les variacions de calor (energia calorífica) dels cossos i les seves relacions amb altres tipus d'energia, com la mecànica.

Una de les variables fonamentals de la termodinàmica és la temperatura, que en el Sistema Internacional es mesura en graus **Kelvin** en comptes dels tradicionals graus centígrads.

La relació que la temperatura en $^{\circ}\text{K}$ i en $^{\circ}\text{C}$ és:

$$\text{temperatura en } ^{\circ}\text{K} = \text{temperatura en } ^{\circ}\text{C} + 273$$

Exemple

Passeu 25°C a graus Kelvin: $T = 25 + 273 = 298^{\circ}\text{K}$

Les transformacions termodinàmiques més senzilles serien aquelles que es fan mantenint la pressió, el volum o la temperatura constant:

Transformació

Es manté constant

Equació dels gasos per aquest estat

Si es fa una transformació i es manté constant la **pressió** es diu que és una transformació **isobàrica**.

$$P = \text{constant} \quad (P_0 = P_1)$$

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}$$

(Llei de Gay-Lussac o de Charles)

Si es fa una transformació on la **temperatura** es manté constant es diu que és una transformació **isotèrmica**.

$$T_0 = T_1$$

$$P_0 \cdot V_0 = P_1 \cdot V_1$$

(Llei de Boyle-Mariotte)

Si es fa una transformació del gas a **volum** constant es diu que és una transformació **isocora**.

$$V_0 = V_1$$

$$\frac{P_0}{T_0} = \frac{P_1}{T_1}$$

Equació d'estat dels gasos perfectes:

A partir de les equacions anteriors, podem concloure que:

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \text{constant} = K$$

per tant, $PV=KT$, essent K una constant que per a n mols val $K = n \cdot R$

I el valor de R és $R = 8,314 \text{ J/(K mol)}$

Aleshores podem dir que $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

amb P = pressió de la massa del gas en Pa

V = volum en m^3

n = nombre de mols

T = temperatura absoluta en $^\circ\text{K}$

Exemple

Determina la pressió a la que es troba 1 kg d'oxigen (O_2) a una $T^a = 30^\circ\text{C}$ si està contingut dins un recipient de 20 L. (1 mol d'oxigen té una massa de 32 g)

$$V = 20 \text{ L} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T = 273 + 30 = 303 \text{ K}$$

$$\text{Busquem els mols d'oxigen: } 1 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol oxigen}}{32 \text{ g}} = 31,25 \text{ mols}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 31,25 \cdot 8,314 \cdot 303$$

$$P = 3936159,4 \text{ Pa} = \mathbf{3,936 \text{ MPa}}$$

1.1. Processos i diagrames PV

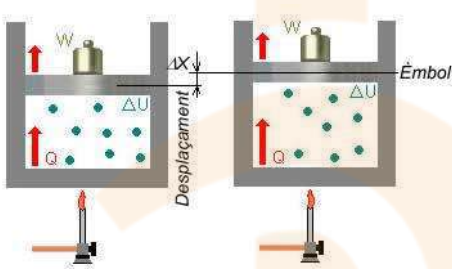
Suposem un gas dins un recipient tancat amb certes p , V i T que defineixen el seu estat. Qualsevol variació d'aquests paràmetres implica una variació d'energia i, per tant un treball, que pot ser cedit o absorbit.

És possible fer diferents variacions sobre les condicions dels gas, que es poden agrupar en:

- a.- Processos isobàrics: a pressió constant
- b.- Processos isocors: a volum constant
- c.- Processos isotèrmics: a temperatura constant
- d.- Processos adiabàtics: processos aïllats, en què no es cedeix ni s'absorbeix calor

a.- Processos isobàrics

És una transformació de l'estat d'un gas en què la pressió es manté constant. Un exemple d'aquest procés és l'ebullició de l'aigua en un recipient obert, ja que sempre està sotmès a la pressió atmosfèrica.



Treball

El treball en un procés isobàric es calcula de la següent manera:

$$W = F \cdot \Delta x = p \cdot A \cdot \Delta x = p \cdot \Delta V$$

On

W : treball (J)

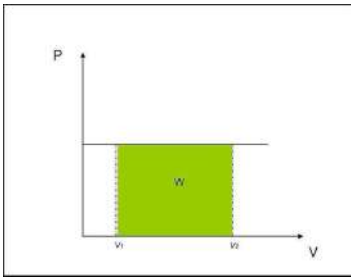
F : força (N)

Δx : desplaçament de l'èmbol (m)

A : àrea (m^2)

p : pressió (Pa)

ΔV : variació de volum (m^3)



Observeu que $W = p \cdot \Delta V$ és l'àrea del diagrama de PV d'aquest procés termodinàmic.

Exemple

Un cilindre d'àrea $0,2 \text{ m}^2$ es desplaça $\Delta x = 0,15 \text{ m}$ a una pressió constant de 12 bars. Determineu la força i el treball que pot fer el cilindre.

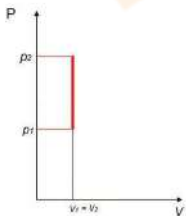
$$F = P \cdot A = 12 \cdot 10^5 \cdot 0,2 = 240000 \text{ N}$$

$$W = F \cdot x = 240000 \cdot 0,15 = 36000 \text{ J}$$

b.- Processos isocors

És una transformació de l'estat d'un gas en què el volum es manté constant.

Si a un recipient tancat que conté un gas se li subministra calor, s'observa com la seva temperatura i pressió pugen. Com que el procés s'efectua a volum constant i no hi ha cap desplaçament, no es fa cap treball. Per tant, $W = 0 \text{ J}$, i el diagrama PV queda:



Treball

Com que l'àrea del procés és igual zero, no hi ha treball realitzat:

$$W = p \cdot \Delta V = p \cdot 0 = 0 \text{ J}$$

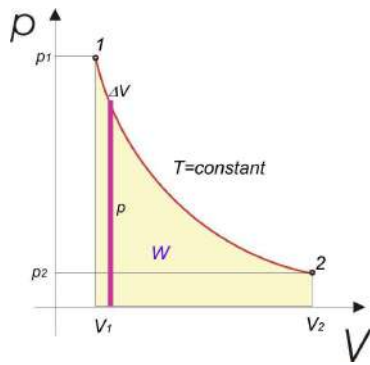
c.- Processos isotèrmics

És una transformació de l'estat d'un gas en què la temperatura es manté constant.

Si suposem un gas tancat en un cilindre on la temperatura es manté constant, es verificarà que:

$$p \cdot V = \text{constant}$$

El diagrama PV resultarà:



Treball

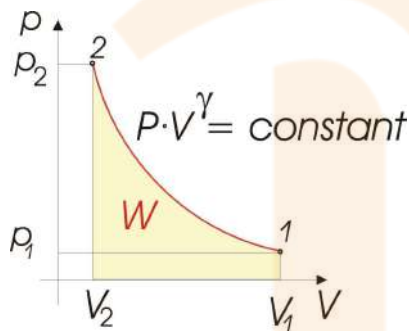
Recordem que $p \cdot V = n \cdot R \cdot \Delta T$; on $p = \frac{n \cdot R \cdot \Delta T}{V}$

Per tant podem calcular el treball $W_{1 \rightarrow 2}$ d'aquest procés amb la fórmula:

$$W_{1 \rightarrow 2} = n \cdot R \cdot T \ln \frac{V_2}{V_1}$$

d.- Processos adiabàtics

Són aquells que tenen lloc sense absorbir ni cedir calor amb l'entorn, el que significa que el sistema ha d'estar aïllat. Un exemple molt senzill són els cicles de compressió i d'explosió dels motors de combustió interna.



(Compte, la corba isotèrmica no és igual a la adiabàtica, tot i que les dues corbes són logarítmiques.)

Treball

Es calcula amb la següent fórmula:

$$W_{1 \rightarrow 2} = \frac{p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1}{1 - \gamma}$$

En aquest cas:

$$p_1 \cdot V_1^\gamma = p_2 \cdot V_2^\gamma = K$$

γ = coeficient adiabàtic

W = treball de compressió, és igual a l'àrea del diagrama (posat en groc a la gràfica)

$C_p = 0,24$, pels gasos perfectes

$C_v = 0,172$, pels gasos perfectes

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{0,24}{0,172} = 1,4 \text{ pels gasos perfectes}$$

$\gamma = 1,33$ pels gasos reals

γ rep el nom de coeficient adiabàtic, i és més petit en el cas dels gasos reals que en els ideals

Exemple

Si un volum d'1 litre d'un gas a una tempera de 293 °K i a una pressió de 12 bars s'expandeix fins a ocupar un volum de 10 litres, determineu:

a.- Treball realitzat suposant que la expansió s'hagi fet de forma isotèrmica

b.- Treball realitzat suposant que la expansió s'hagi fet de forma adiabàtica amb coeficient $\gamma=1,4$

a. El treball per a la transformació isotèrmica serà:

$$W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \text{i com} \quad n \cdot R \cdot T = p_1 \cdot V_1$$

$$W = p_1 \cdot V_1 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = 12 \cdot 100000 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{10^{-2}}{10^{-3}} = 1200 \cdot \ln 10 = 2763,10 \text{ J}$$

b. Pel càlcul del treball per a la transformació adiabàtica haurem de fer:

$$p_1 \cdot (V_1)^\gamma = p_2 \cdot (V_2)^\gamma = k$$

$$p_2 = p_1 \frac{(V_1)^\gamma}{(V_2)^\gamma} = 12 \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^{1,4} = 0,4777286 \text{ bars} = 47772,86 \text{ Pa}$$

$$W_{1-2} = \frac{p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1}{1 - \gamma} = \frac{47772,86 \cdot 10^{-2} - 1200000 \cdot 10^{-3}}{1 - 1,4} = 1805,67 \text{ J}$$

Recordeu que:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 101300 \text{ Pa}$$

1.2. Calor específic i canvis de temperatura

Calor específic d'un cos (C_e). És la quantitat de calor que cal subministrar a un gram d'una substància perquè augmenti un grau centígrad la seva temperatura.

Les seves unitats són:

$$\frac{J}{g \cdot ^\circ C} \text{ o } \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

Podem trobar les dades tabulades de diferents substàncies per exemple a [FísicaNet](#).

Llavors la calor que cal comunicar a un cos per tal d'augmentar la seva temperatura depèn del seu calor específic, i es calcula:

$$Q = m C_e (T_2 - T_1)$$

Q : calor en kJ

m : massa en kg

C_e : calor específic en

T_2 : temperatura final en $^\circ K$

T_1 : temperatura inicial en $^\circ K$

*en aquesta fórmula, com que les temperatures només es resten i el resultat serà el mateix, es poden posar també en $^\circ C$.

1.3. Calor latent i canvis de fase

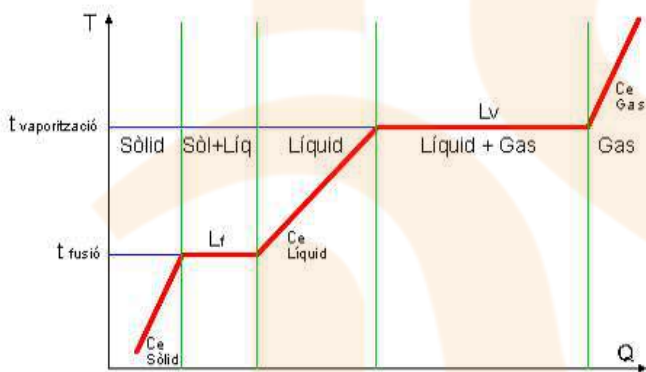
Quan una substància canvia de fase, la seva temperatura es manté constant, ja que la calor rebuda o extreta s'utilitza només per a fer el canvi d'estat.

La quantitat de calor necessària per a fer el canvi de fase s'anomena calor latent, i pot ser de dos tipus: Calor latent de fusió (L_f) i Calor latent de vaporització (L_v). Podem trobar [tabulades](#) les dades corresponents a diverses substàncies. Les seves unitats són els $\frac{kJ}{kg}$ o $\frac{J}{kg}$.

Per a determinar la calor necessària per fer el canvi de fase, segons sigui de fusió o de vaporització, les expressions a utilitzar seran respectivament:

$$Q = m \cdot L_f \quad \text{i} \quad Q = m \cdot L_v$$

Podem representar el procés d'augment de la temperatura i canvis de fase d'una substància mitjançant un gràfic que relacioni la temperatura amb la calor subministrada al cos:



Exemple:

2. 1r principi de la termodinàmica

L'energia interna d'un cos és l'energia que té gràcies a la seva activitat molecular. Quan per exemple un cos cau a terra, l'energia potencial que tenia abans de la caiguda s'haurà transformat en energia interna o tèrmica del cos, fent vibrar i augmentant l'energia de les seves molècules.

El **1r principi de la termodinàmica o principi de conservació de l'energia** ens diu que els sistemes aïllats amb transformacions energètiques mantenen invariable l'energia total, per tant que l'energia total es conserva. Llavors, si considerem un sistema aïllat, el 1r principi de la termodinàmica es pot formular com:

$$\Delta U = Q - W$$

ΔU : variació d'energia interna (J)

Q: calor que entra (+) o surt (-) del sistema (J)

W: treball realitzat (+) o rebut (-) pel sistema (J)

Exemple 1

Un recipient aïllat té un volum de 3 litres d'aigua i es deixa caure des d'una alçada de 100 m. Si la temperatura inicial de l'aigua és de 20°C, determineu la variació d'energia interna i la temperatura final de l'aigua.

Suposem que el xoc amb el terra es produeix de forma que tota la energia potencial es transformarà en calor

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 3 \cdot 9,81 \cdot 100 = 2943 \text{ J} \quad (W = E_p)$$

Segons el 1r principi

$$\Delta U = Q - W ; \text{ Com } Q=0: \Delta U = 0 - W = -2943 \text{ J}$$

Per determinar la temperatura després de l'impacte quan tota la energia cinètica s'hagi transformat en calor del cos:

$$\Delta U = m \cdot C_e \cdot \Delta T$$

$$2,943 \text{ kJ} = 3 \text{ kg} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (T - 20)$$

$$T = 20,2347 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Exemple 2

Un cilindre conté un volum=10 litres d'aigua a 18°C . El conjunt es col·loca sobre una petita estufa que l'escalfa. En aquest procés es transfereix a l'aigua una quantitat de calor $Q_1=100\text{ kJ}$, mentre que a través de les parets es perden $Q_2=25\text{ kJ}$. L'èmbol quan puja a conseqüència de la dilatació de l'aigua fa un treball $W=15\text{ kJ}$. Determineu la variació d'energia interna i la temperatura final sabent que el $C_e=4,18\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$.

Seguint el mateix procediment que a l'exemple anterior:

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = 100 - 25 = 75\text{ kJ}$$

$$\Delta U = Q - W = 75 - 15 = 60\text{ kJ}$$

$$\Delta U = m \cdot C_e \cdot \Delta T = m \cdot C_e \cdot (T_B - T_A)$$

$$60 = 10\text{ kg} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot (T_B - 18)$$

$$T_B = 19,43^{\circ}\text{C}$$

3. 2n principi de la termodinàmica

El podem expressar de dues maneres diferents :

- En un procés termodinàmic espontani la calor sempre flueix del cos més calent al cos més fred, i mai a l'inrevés d'una forma espontània. Per a fer-ho necessitem **màquines tèrmiques consumidores d'energia mecànica**, com ara les neveres, aires condicionats o bombes de calor.
- El treball es pot convertir fàcilment en calor, però per convertir el calor en treball calen màquines adequades, com per exemple les màquines de vapor, els motors dels vehicles o motors de combustió interna, i les turbines de gas dels avions, el que denominem **màquines tèrmiques generadores d'energia mecànica**.

