

Tema 6. Gasos

6.1. Gas ideal

6.1.1. Llei de Boyle i Mariotte

6.1.2. Llei de Charles i Gay-Lussac

6.1.3. Segona llei de Charles i Gay-Lussac o llei d'Amontons

6.1.4. Llei combinada: l'equació de Clapeyron

6.1.5. Equació d'estat del gas ideal

6.1.6. Llei d'Avogadro

6.1.7. Lleis per a les mescles de gasos ideals

6.1.7.1. Llei de Dalton de les pressions parcials

6.1.7.2. Llei d'Amagat dels volums parcials

6.2. Teoria cinètica dels gasos ideals

6.2.1. Llei de distribució de Maxwell

6.2.2. Llei de Graham

6.3. Gas de Van der Waals

Tema 6. Gasos

6.1. Gas ideal

6.1.1. Llei de Boyle i Mariotte

6.1.2. Llei de Charles i Gay-Lussac

6.1.3. Segona llei de Charles i Gay-Lussac o llei d'Amontons

6.1.4. Llei combinada: l'equació de Clapeyron

6.1.5. Equació d'estat del gas ideal

6.1.6. Llei d'Avogadro

6.1.7. Lleis per a les mescles de gasos ideals

6.1.7.1. Llei de Dalton de les pressions parcials

6.1.7.2. Llei d'Amagat dels volums parcials

6.2. Teoria cinètica dels gasos ideals

6.2.1. Llei de distribució de Maxwell

6.2.2. Llei de Graham

6.3. Gas de Van der Waals

Gas ideal

Un gas ideal és aquell gas hipotètic format per partícules puntuals (no ocupen volum), amb massa i que no interaccionen entre elles.

Un gas es caracteritza per:

- a) La seva composició
- b) El valor que prenen variables macroscòpiques com la massa (m), el nombre de mols (n), la pressió que exerceix (P), el volum que ocupa (V) o la temperatura a la que es troba (T).

Aquestes magnituds macroscòpiques no varien lliurement, és a dir no són totalment independents. Hi ha lleis que les relacionen.

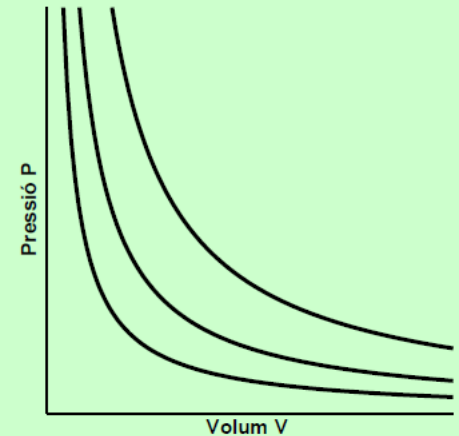
Llei de Boyle i Mariotte

$PV = \text{constant}$ (gas ideal a temperatura T i massa constants)

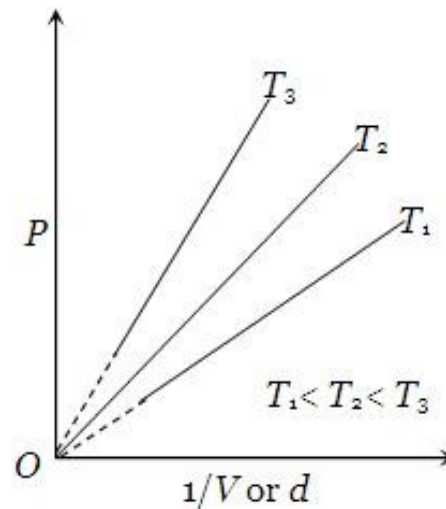
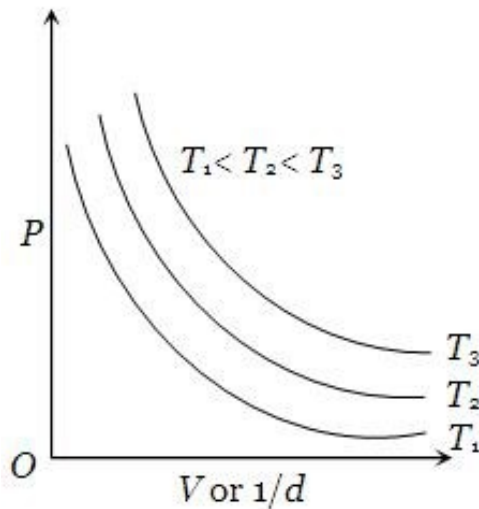
Exercici 6.1. A la gràfica de la dreta es representen diferents hipèrboles de Boyle. En base a la teva experiència i coneixements previs, indica quines d'elles estan associades a temperatures majors.

Per què a cadascuna de les corbes de la dreta se l'anomena *isoterma*?

Quin tipus de gràfica s'obtindria si enlloc de representar (a temperatura i massa constants) la pressió enfront del volum V es representés la pressió enfront de la variable $1/V$?



$PV = \text{constant}$

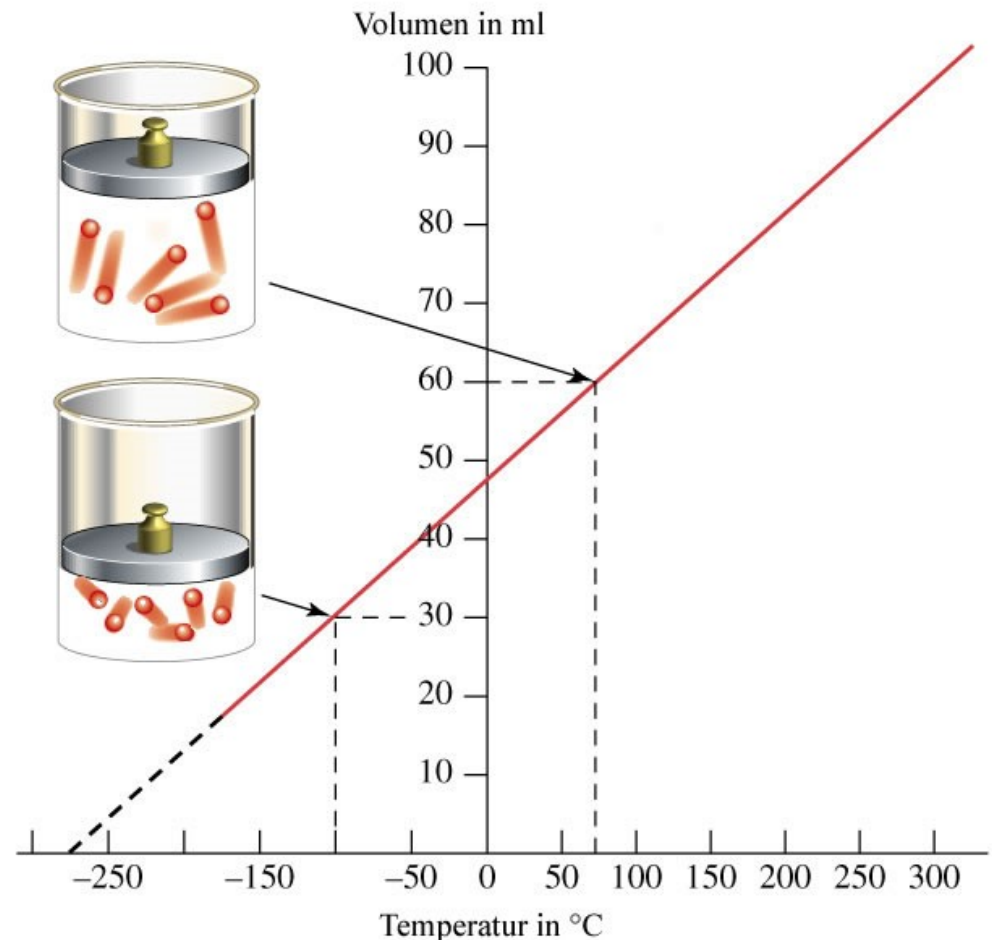
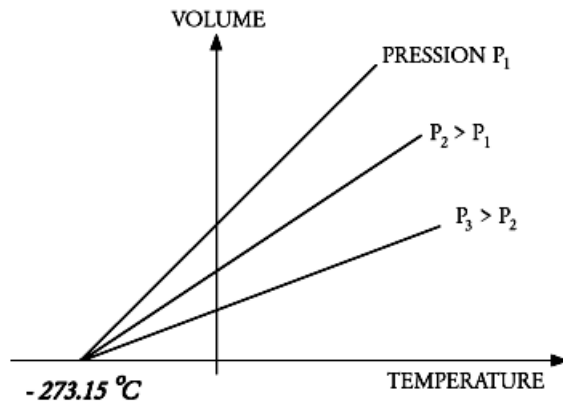
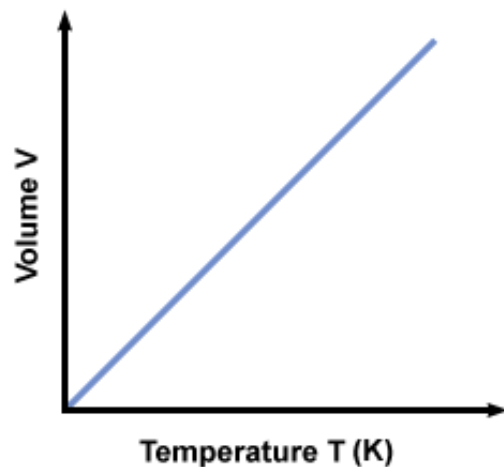


$P = \text{constant} \cdot 1/V$

Llei de Charles i Gay-Lussac

$$V = \text{constant} \cdot T \quad (\text{gas ideal a } P \text{ i massa constants})$$

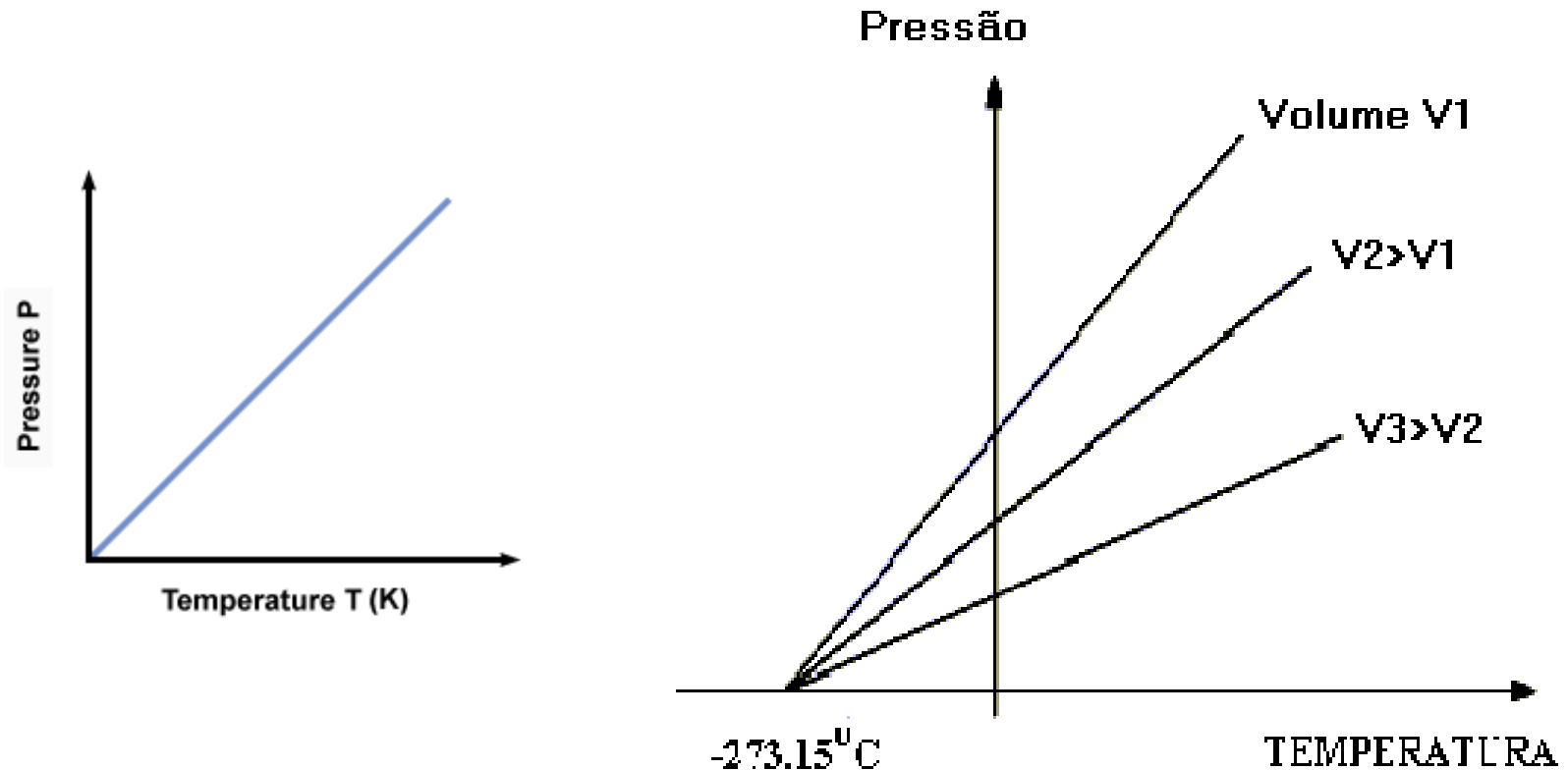
Exercici 6.2. En condicions de massa i pressió constants, en representar el volum d'un gas ideal enfront de la temperatura, quin tipus de funció s'obté? Quina és la menor temperatura que es pot representar a l'eix d'abscisses? Per què a aquestes funcions se les anomenen *isòbares*?



Segona llei de Charles i Gay-Lussac o llei d'Amontons

$$P = \text{constant} \cdot T \quad (\text{gas ideal a } V \text{ i massa constants})$$

Exercici 6.3. Per a una determinada massa i volum d'un gas ideal, representa esquemàticament la funció pressió enfront de la temperatura. Per què a aquestes funcions se les anomenen *isocores*?



Llei combinada: l'equació de Clapeyron. Equació d'estat del gas ideal

$$\frac{PV}{T} = \text{constant} \quad (\text{gas ideal, massa fixa})$$



$$PV = nRT \quad (\text{gas ideal})$$

$$\begin{aligned} R &= 8.315 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 0.08206 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 0.08315 \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 1.987 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 62.363 \text{ Torr L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 62363 \text{ mmHg mL K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= \dots \end{aligned}$$

Exercici 6.4. Té gaire sentit la pregunta següent que fan alguns alumnes?




"Quina R aplico en aquest problema de gasos?"

Llei d'Avogadro

Tots els gasos ideals presenten el mateix volum molar ($V_m = V/n$) si es troben en les mateixes condicions de pressió i temperatura.

Volums iguals de gasos ideals distints en les mateixes condicions de pressió i temperatura contenen el mateix nombre de partícules.



			
Volume:	22.4 L	22.4 L	22.4 L
Pressure:	1 atm	1 atm	1 atm
Temperature:	273 K	273 K	273 K
Quantity:	1 mole	1 mole	1 mole
Mass:	40.0 g	32.0 g	28.0 g

Llei d'Avogadro

Tots els gasos ideals presenten el mateix volum molar ($V_m = V/n$) si es troben en les mateixes condicions de pressió i temperatura.

Volums iguals de gasos ideals distints en les mateixes condicions de pressió i temperatura contenen el mateix nombre de partícules.

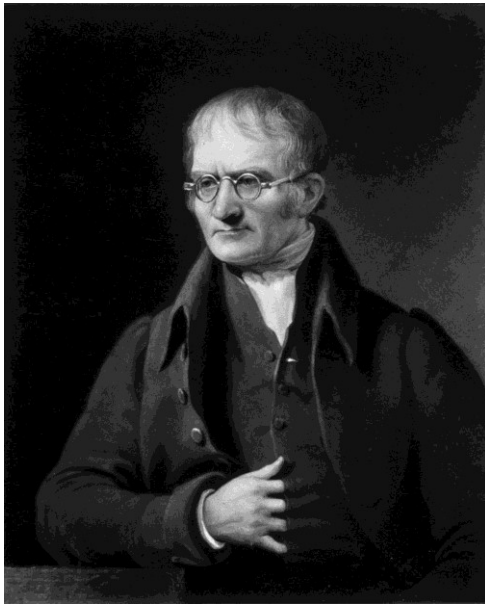
Exercici 6.7. Un gas ideal presenta un volum molar de $100 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$. Quin volum ocuparan 5 mols d'un altre gas ideal que es troba en les mateixes condicions de pressió i temperatura que el primer?

Lleis per a les mescles de gasos ideals

Una mescla de gasos ideals es comporta com un sol gas ideal que té un número de mols igual a la suma dels mols de cada tipus de component.

$$n_T = \sum_i n_i \quad PV = n_T RT$$

Llei de Dalton de les pressions parcials

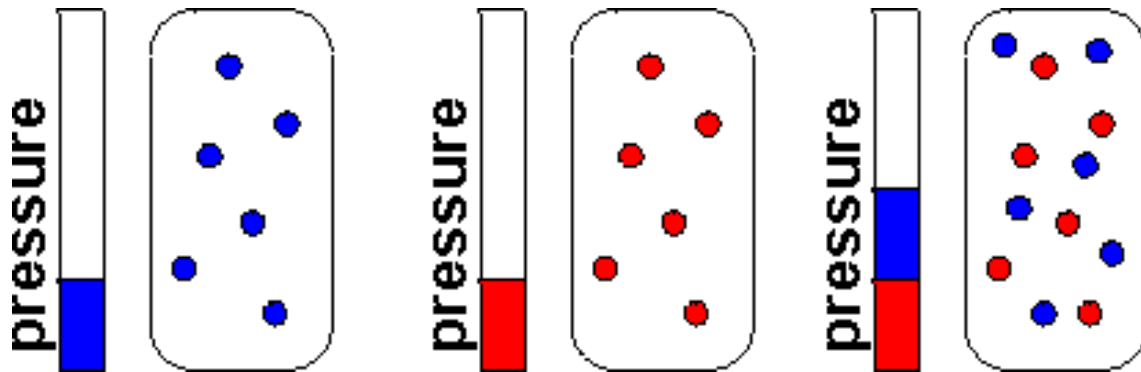


En una mescla de gasos ideals, la pressió parcial d'un component (P_i) és la pressió que exerciria aquell component si ell sol ocupés tot el volum del gas a la mateixa temperatura.

$$P_i = \frac{n_i RT}{V} \quad P = \sum_i P_i \quad x_i = \frac{P_i}{P}$$

La pressió de la mescla de gasos ideals és la suma de les pressions parcials de cadascun dels seus components

Llei de Dalton de les pressions parcials



$$P_i = \frac{n_i RT}{V}$$

$$P = \sum_i P_i$$

Exercici 6.8. Dins un recipient de 3 L hi ha inicialment 3 mols d'un gas ideal *A* a 300 K. A continuació s'afegeixen 5 mols d'un altre gas ideal *B* diferent del primer, mantenint la temperatura. Marca les afirmacions que siguin correctes:

- ☐ Quan només hi havia el primer gas *A*, la pressió total del sistema era igual a la seva pressió parcial.
- ☐ La pressió total del sistema ha augmentat en afegir el segon gas *B*.
- ☐ Quan hi ha els dos gasos, la pressió parcial del gas *A* és igual a la que aquest exercia quan no hi havia el gas *B*.
- ☐ Quan hi ha els dos gasos, la pressió parcial de *B* és superior a la del gas *A*.

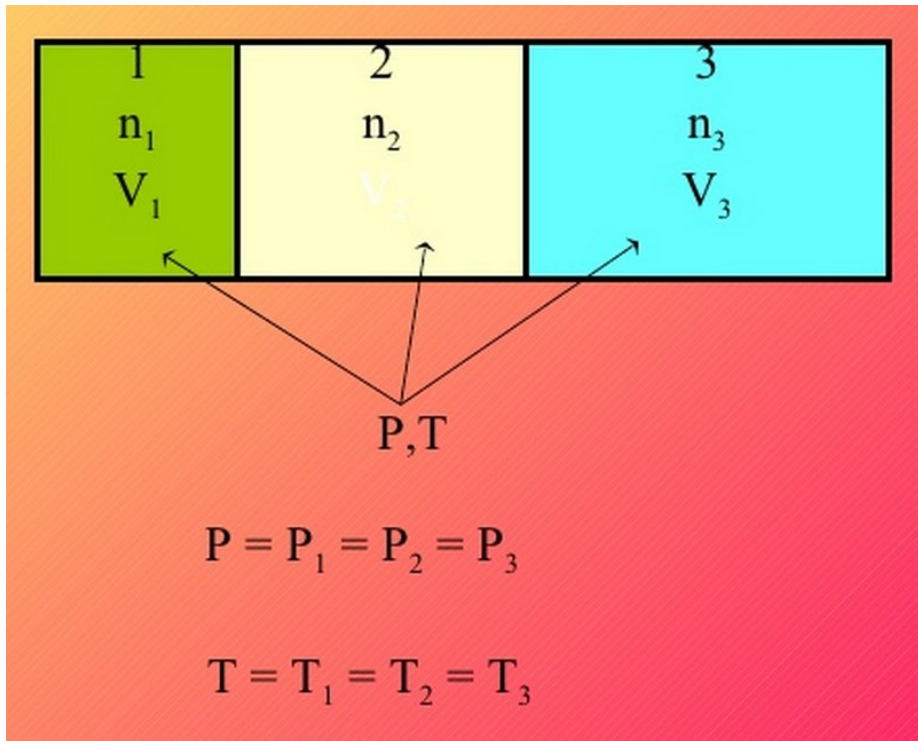
Llei d'Amagat dels volums parcials

En una mescla de gasos ideals, el volum parcial d'un component (V_i) és el volum que aquest ocuparia si ell sol exercís la mateixa pressió total de la mescla trobant-se a la mateixa temperatura.

$$V_i = \frac{n_i RT}{P}$$

$$V = \sum_i V_i$$

$$x_i = \frac{V_i}{V}$$



El volum total de la mescla és la suma dels volums parcials dels seus components

Tema 6. Gasos

6.1. Gas ideal

6.1.1. Llei de Boyle i Mariotte

6.1.2. Llei de Charles i Gay-Lussac

6.1.3. Segona Llei de Charles i Gay-Lussac o Llei d'Amontons

6.1.4. Llei combinada: l'equació de Clapeyron

6.1.5. Equació d'estat del gas ideal

6.1.6. Llei d'Avogadro

6.1.7. Lleis per a les mescles de gasos ideals

6.1.7.1. Llei de Dalton de les pressions parcials

6.1.7.2. Llei d'Amagat dels volums parcials

6.2. Teoria cinètica dels gasos ideals

6.2.1. Llei de distribució de Maxwell

6.2.2. Llei de Graham

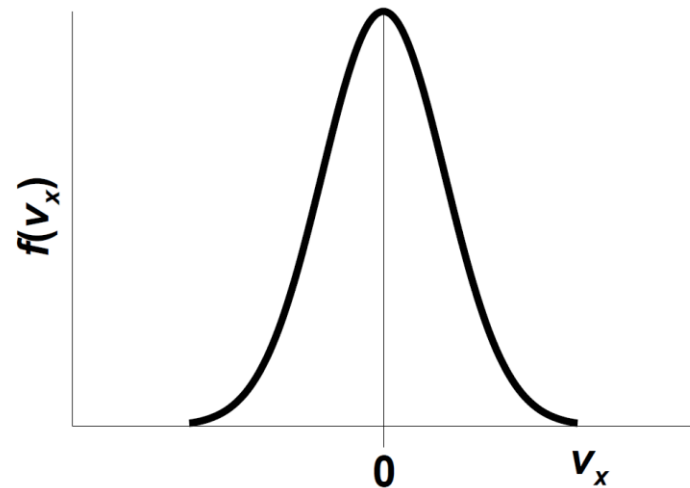
6.3. Gas de Van der Waals

Llei de distribució de Maxwell

En un gas no totes les molècules del gas es desplacen a la mateixa velocitat sinó que hi ha una distribució de velocitats que depèn de la massa de les molècules i de la temperatura a la que es troben. Aquesta distribució no varia si no varia la temperatura.

Llei de distribució per a una component de la velocitat $\mathbf{V}=(V_x, V_y, V_z)$

$$f(v_x) = \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{1}{2}} e^{\frac{-mv_x^2}{2kT}}$$



Exercici 6.12. Quina creus que és la velocitat mitjana en la component x (v_x) d'un gas? Com ho interpretes físicament? Passa el mateix per les altres components?

Llei de distribució de Maxwell

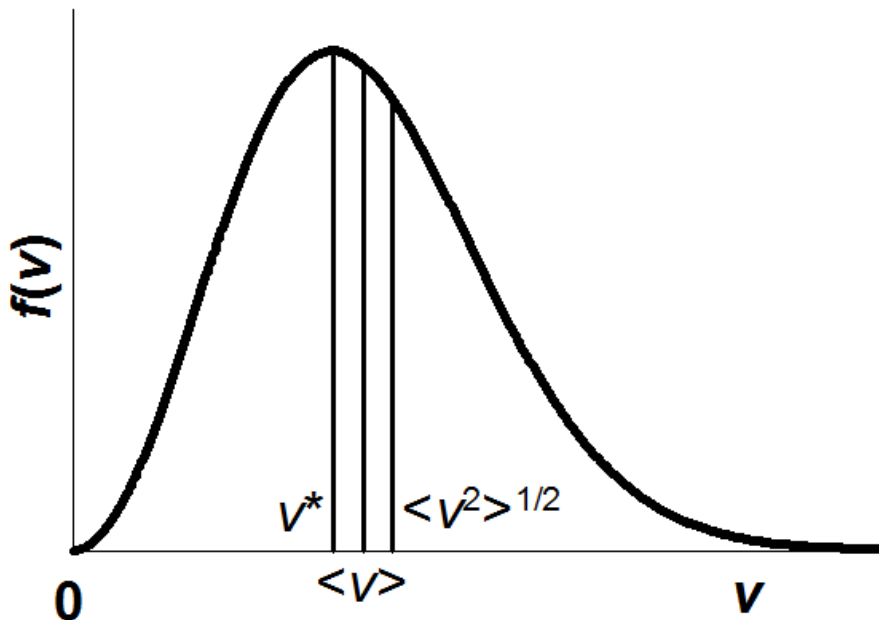
El mòdul de la velocitat (nombre que coincideix amb la “longitud” d’un vector) es determina segons la fórmula a continuació:

$$v=|\mathbf{v}|=(v_x^2+v_y^2+v_z^2)^{1/2}$$

La funció de distribució del mòdul de la velocitat obeeix l’equació següent:

$$f(v) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{m}{kT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{\frac{-mv^2}{2kT}}$$

i es pot representar segons la gràfica a continuació que expressa la llei de distribució de les velocitats moleculars de Maxwell:



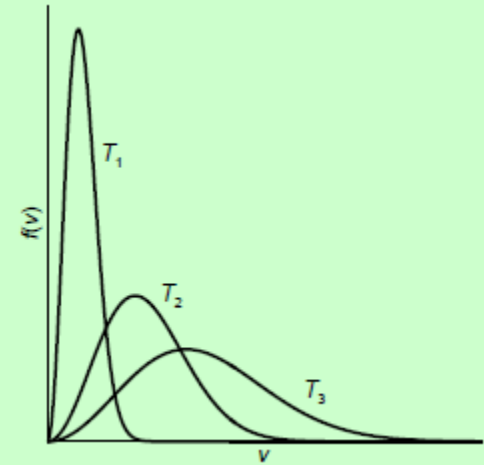
Velocitat més probable: $v^* = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$

Velocitat mitjana: $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$

Velocitat quadràtica mitjana: $\langle v^2 \rangle^{\frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$

Llei de distribució de Maxwell

Exercici 6.17. A la figura adjunta de la dreta s'han representat tres funcions de distribució de velocitat per a un mateix gas ideal però que es troba a tres temperatures diferents, T_1 , T_2 i T_3 . En base a la figura, ordena aquestes temperatures de menor a major. Justifica qualitativament quina distribució té major dispersió.

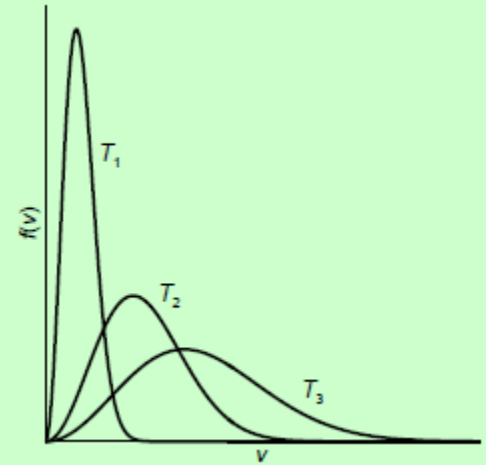


Velocitat mitjana:

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

Llei de distribució de Maxwell

Exercici 6.17. A la figura adjunta de la dreta s'han representat tres funcions de distribució de velocitat per a un mateix gas ideal però que es troba a tres temperatures diferents, T_1 , T_2 i T_3 . En base a la figura, ordena aquestes temperatures de menor a major. Justifica qualitativament quina distribució té major dispersió.



Velocitat mitjana:
$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

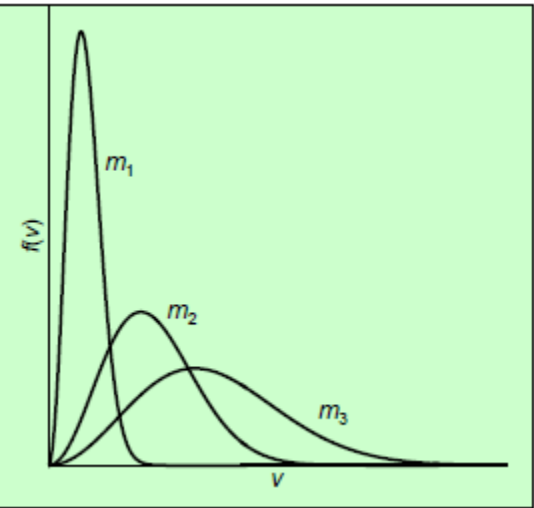
En augmentar la temperatura, augmenta la velocitat mitjana (i per tant en general totes les velocitats). Per tant $T_1 < T_2 < T_3$

Com més augmenta la temperatura, major és l'energia cinètica

Dispersió mesura el grau de distanciament d'un conjunt de valors respecte al seu valor mitjà. Per tant a major temperatura T_3 , major és la dispersió, per tant més valors diferents de velocitat tenen les partícules.

Llei de distribució de Maxwell

Exercici 6.18. A la figura adjunta de la dreta s'han representat tres funcions de distribució de velocitat per a tres gasos de diferent massa molecular (m_1 , m_2 i m_3) però que es troben a la mateixa temperatura. Ordena les masses moleculars de menor a major.

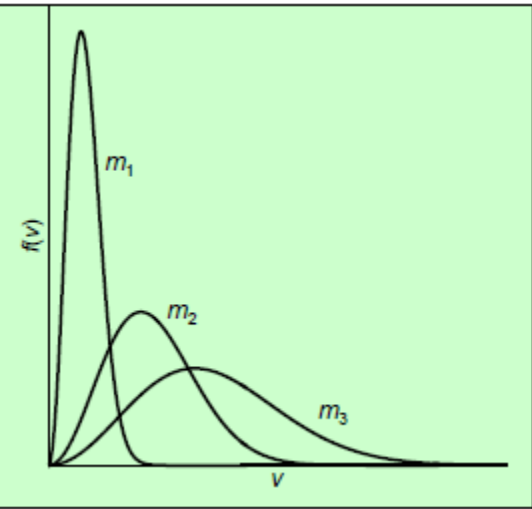


Velocitat mitjana:

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

Llei de distribució de Maxwell

Exercici 6.18. A la figura adjunta de la dreta s'han representat tres funcions de distribució de velocitat per a tres gasos de diferent massa molecular (m_1 , m_2 i m_3) però que es troben a la mateixa temperatura. Ordena les masses moleculars de menor a major.



Velocitat mitjana:
$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

En augmentar la massa disminueix la velocitat mitjana (i per tant en general totes les velocitats). Per tant $m_1 > m_2 > m_3$

Donada una temperatura, les molècules o àtoms dels gasos més lleugers poden assolir velocitats més grans.

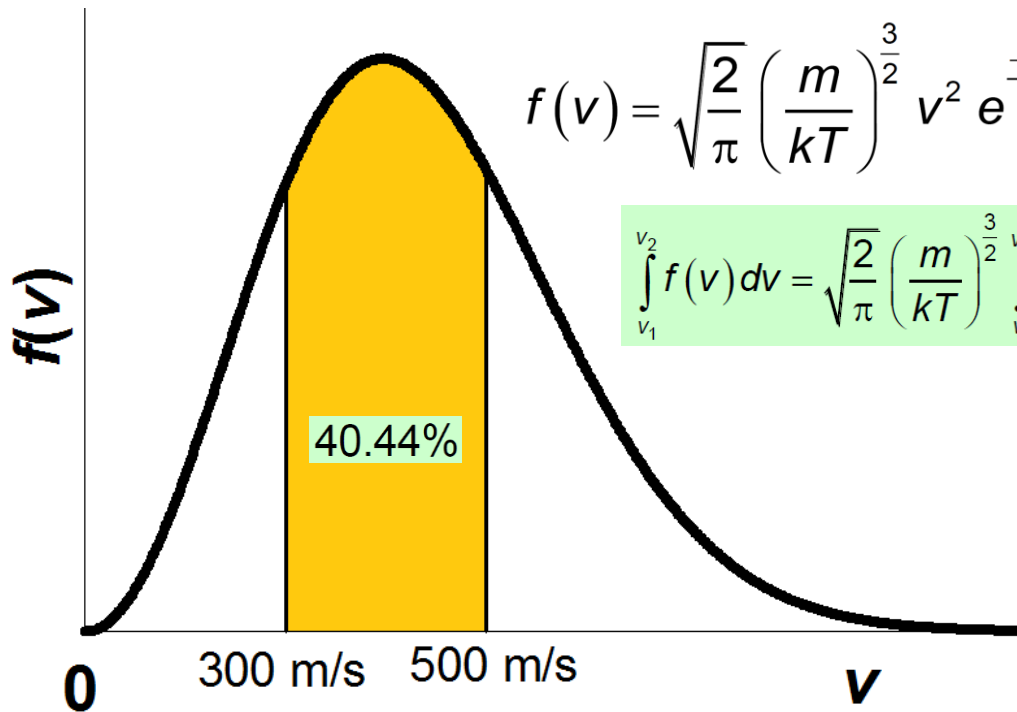
Llei de distribució de Maxwell

Exercici 6.16. Calcular, a 20 °C, quines són la velocitat mitjana, l'arrel quadrada de la velocitat quadràtica mitjana i la velocitat més probable de les molècules del gas oxigen.

Llei de distribució de Maxwell

Llei de distribució per al mòdul de la velocitat $v = |\mathbf{v}| = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{1/2}$

Exercici 6.15. Quina integral caldria resoldre per calcular, per a 25 °C, quin percentatge de molècules de gas oxigen (O₂, PM=32 uma) tenen una velocitat compresa entre 1080 i 1800 km/h?



$$f(v) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{m}{kT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{\frac{-mv^2}{2kT}}$$

$$\int_{v_1}^{v_2} f(v) dv = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{m}{kT} \right)^{\frac{3}{2}} \int_{v_1}^{v_2} v^2 e^{\frac{-mv^2}{2kT}} dv = 3.7029 \cdot 10^{-8} \int_{300}^{500} v^2 e^{-6.4564 \cdot 10^{-6} v^2} dv$$

Llei de Graham

El quocient de les velocitats mitjanes de difusió (uniformització d'una mescla de gasos) o d'efusió (capacitat d'escapar per un petit orifici) de dos gasos ideals és inversament proporcional a les arrels quadrades de les seves densitats o masses moleculars.

$$\frac{\langle v_1 \rangle}{\langle v_2 \rangle} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \quad \text{o bé} \quad \frac{\langle v_1 \rangle}{\langle v_2 \rangle} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

Exercici 6.19. En base a la llei de Graham, indicar quin gas de l'aire, el N_2 o el O_2 , té més capacitat de difusió en un medi comú i inert respecte a ells.

Llei de Graham

En la Llei de Graham es pot substituir el quocient de velocitats per l'invers del quocient de temps de difusió o d'efusió:

$$\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \quad \text{o bé} \quad \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

Exercici 6.20. Un gas desconegut compost per carboni i hidrogen efusiona a través d'una membrana en 1.50 minuts. En les mateixes condicions de pressió i temperatura el vapor de Br_2 tarda 4.73 minuts en fer-ho per la mateixa membrana. Quin pot ser aquest gas desconegut?

Llei de distribució de Maxwell i Llei de Graham

Primera prova parcial de Fonaments de Química. Grau de Química. Curs 2015/16

R3) (10 punts) Per a un gas diatòmic homonuclear considerat ideal se sap que a una determinada temperatura T la velocitat mitjana de les seves molècules és de 1310 km/h. També se sap que la seva velocitat d'efusió és una quarta part de la velocitat d'efusió del gas H_2 quan es troben a la mateixa temperatura. De quin gas es tracta? A quina temperatura T es troba?

Dades: Els pesos moleculars aproximats d'alguns elements químics són els següents (expressats en uma):

H:1 He:4 Li:7 Be:9 B:10.8 C:12 N:14 O:16 F:19 Ne:20.2

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} \quad , \quad \langle v^2 \rangle = \frac{3kT}{m} \quad , \quad v^* = \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad , \quad \frac{\langle v_1 \rangle}{\langle v_2 \rangle} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

Tema 6. Gasos

6.1. Gas ideal

6.1.1. Llei de Boyle i Mariotte

6.1.2. Llei de Charles i Gay-Lussac

6.1.3. Segona llei de Charles i Gay-Lussac o llei d'Amontons

6.1.4. Llei combinada: l'equació de Clapeyron

6.1.5. Equació d'estat del gas ideal

6.1.6. Llei d'Avogadro

6.1.7. Lleis per a les mescles de gasos ideals

6.1.7.1. Llei de Dalton de les pressions parcials

6.1.7.2. Llei d'Amagat dels volums parcials

6.2. Teoria cinètica dels gasos ideals

6.2.1. Llei de distribució de Maxwell

6.2.2. Llei de Graham

6.3. Gas de Van der Waals

Gas de van der Waals

El comportament d'un gas real es pot descriure d'una manera més realista emprant equacions d'estat més complicades que la del gas ideal, com per exemple l'equació de van der Waals:

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

Les forces intermoleculars d'atracció entre molècules redueixen la pressió exercida pel gas real

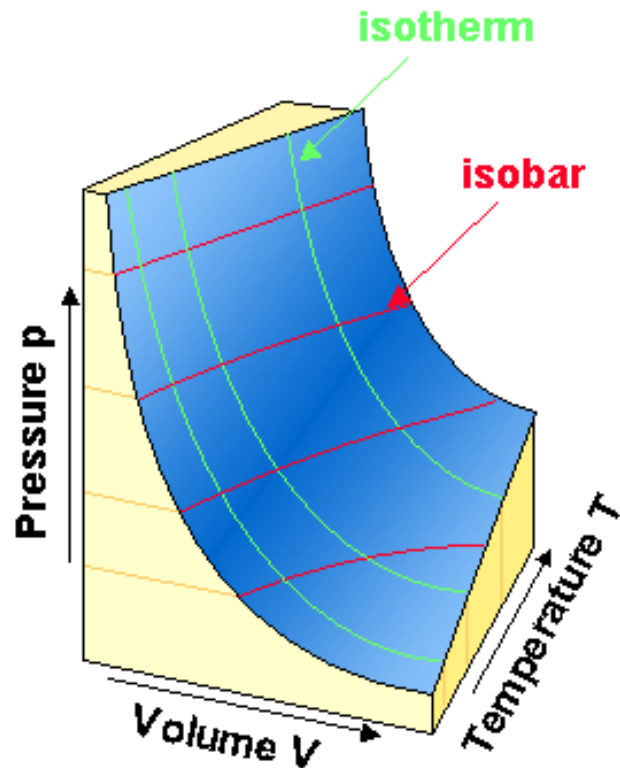
Les molècules dels gasos reals tenen volum propi. El volum exclòs per 1 mol de molècules de gas real s'anomena **covolum del gas (b)**

Gas	T_c / K	$a / \text{Pa m}^6 \text{mol}^{-2}$	$b / 10^{-6} \text{m}^3 \text{mol}^{-1}$
He	6.	0.0346	23.6
Ne	44.4	0.0208	16.72
H ₂	33.23	0.025	26.51
O ₂	154.59	0.1382	31.86
N ₂	126.21	0.14	39.
CO	132.91	0.1472	39.48
HCl	324.6	0.365	40.6
H ₂ O	647.14	0.55	30.49
CO ₂	304.19	0.3658	42.86

Gas de van der Waals

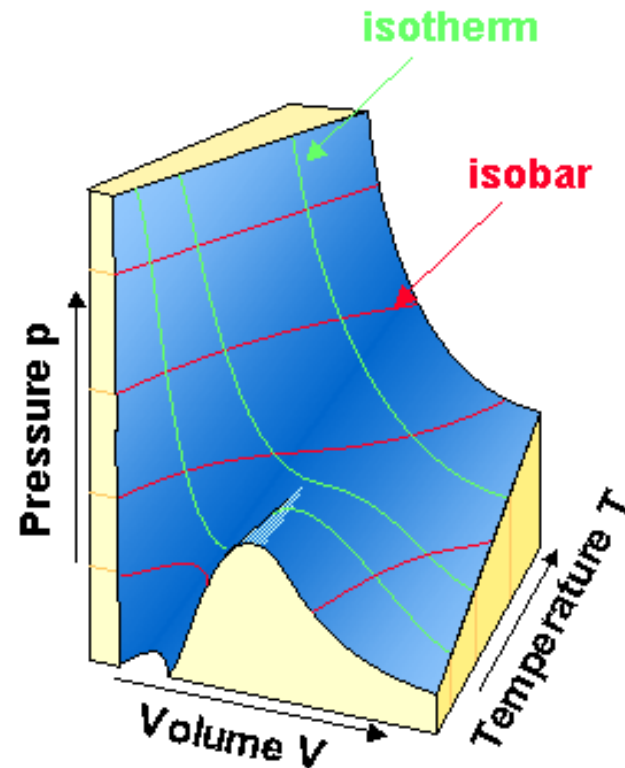
Comparison of ideal and van der Waals gas

Ideal gas



$$PV = nRT$$

van der Waals gas



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

Gas de van der Waals

Exercici 6.21. Les constants de van der Waals del neó són $a=0.2053 \text{ atm L}^2 \text{ mol}^{-2}$ i $b=0.01672 \text{ L mol}^{-1}$. Un mol de neó es troba ocupant un volum de 0.5 L a 50 K de temperatura. Quina pressió exerciria el gas si fos un gas ideal? Quina pressió exerceix el corresponent gas de van der Waals? Expressa el percentatge d'error del model ideal respecte al model de van der Waals.

Gas de van der Waals

Prova de Fonaments de Química. Grau de Química

10/1/2018

COGNOMS NOM DNI

R3) (10 punts) La pressió mesurada d'un mol de CO_2 a 373 K en un recipient de 536 mL és de 50.0 atm.

- a) Calculeu la pressió del gas utilitzant l'equació dels gasos ideals.
- b) Calculeu la pressió del gas utilitzant l'equació de Van der Waals.
- c) Calculeu l'error relatiu dels resultats obtinguts en els apartats a) i b) respecte a la pressió mesurada experimentalment. Quin model dona un resultat més acurat? Perquè?

Dades: $PV=nRT$; $(P + a \times n^2 / V^2)(V - nb) = nRT$; $a = 3.61 \text{ L}^2 \text{ atm mol}^{-2}$; $b = 0.0428 \text{ L mol}^{-1}$

- d) Quin compost té un valor més gran pel paràmetre " b " de l'equació de Van der Waals, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$, NH_3 o N_2 ? Justifiqueu la vostra resposta.
- e) De què depèn el valor del paràmetre " a " de l'equació de Van der Waals per un determinat compost? Quin tipus de molècules presentaran valors més grans d'aquest paràmetre?