

LP n° 11 Titre : Gaz réels, gaz parfait

Présentée par : Guillaume Pages

Rapport écrit par : Emmanuelle Poncet

Correcteur : Stephan Fauve

Date : 08/01/2019

Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Thermodynamique	BFR		
Thermodynamique	Perez		
Physique PCSI		Tec et doc	Ancien programme

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis : Energie interne, enthalpie
Premier principe de la thermodynamique
Lois de la mécanique classique

Intro : gaz= fluide sans forme et volume propre -état désordonné
Historiquement 17s loi de Boyle Mariotte
Equation d'état des GP $PV=nRT$ – Ecart à P grand

I. Description d'un gaz

N,T,P,v

1. Diagramme d'état

-diagramme d'Andrews (P,V)
-diagramme d'Amagat (P, PV)
 $\lim(PV) = \text{cte}$ qd $P \rightarrow 0$

2. Equation d'état

Elle relie les variables d'état à l'équilibre thermodynamique
Ex : GP : $PV=nRT$

3. Coefficients de réponse

Ils caractérisent la façon dont le système réagit suite à une modification des conditions extérieures

a) Coefficients thermoélastiques

α , χ , κ
ODG, GP : $\alpha=1/T$ et $\chi=1/P$

b) Capacités thermiques

C_v , C_p

II. Approche microscopique d'un gaz parfait

$PV=nRT = N \cdot k_B \cdot T$ avec $k_B=R/N_A$

1. Hypothèses

a. Le gaz parfait

-Les particules sont en mouvement permanent
-Les particules sont supposées ponctuelles

-Les interactions se réduisent à des collisions supposées élastiques

$$T_p = 10^{-10} \text{ m}$$

$$l = 10^{-7} \text{ m}$$

b. Statistiques

-La densité particulaire est la même en tout point du récipient $n_p = N/V = \text{cte}$

-La distribution des vitesses est homogène et isotrope

Diapo

Hypothèses simplifiées :

-Les particules ont toutes la même vitesse u (vitesse quadratique moyenne)

-Les particules se déplacent uniquement suivant $e_x, -e_x, e_y, -e_y, e_z, -e_z$

-1/6 des particules se déplacent suivant e_x

2. Pression cinétique

Shéma

Démonstration rigoureuse de $P = 1/3 \cdot n_p \cdot m \cdot u^2$ (cf Dunod PCSI)

3. Température cinétique

La TC d'un GP est une mesure de l'énergie cinétique de translation moyenne des particules

$$E_c = 3/2 \cdot k_B \cdot T = 1/2 \cdot m \cdot N \cdot u^2$$

$$PV = N \cdot k_B \cdot T$$

Remarque : air $u = 500 \text{ m/s}$

$U(T)$

$H(T)$

Lois de Joules

III. Vers les gaz réels

1. Test Caractéristique

Diapo : Détente de Joule Gay Lussac

1^{er} principe

$$T_f = T_i$$

2. Aspect microscopique

$$U = E_{c, \text{in}} + E_{p, \text{in}}$$

$E_{p, \text{in}}/E_{c, \text{in}}$ très petit devant 1

T^2/P très grand devant $10^{-5} \text{ K}^2 \text{ Pa}^{-1}$

3. Equation d'état du gaz réel

Van der Waals : équation

D_v du Viriel

Conclusion : changement d'état – transition de phase

Questions posées par l'enseignant

1. Quelle équation contient les informations sur les gaz réels ? fct d'état exemple $U(S, V, n)$

2. Quelles sont les équations d'états si on se donne U ?

$$dU = TdS - PdV + \mu dn$$

$$T = (dU/dS)_{P, n}$$

3. Alpha est la dilatation volumique et Béta ?

Si on en connaît 2 sur 3 on peut retrouver le 3eme pourquoi ? Equation qui les relie – la redémontrer

$$F(P, V, T) = 0$$

$$dF = F'_P dP + F'_V dV + F'_T dT \dots$$

4. Est-ce que $(dP/dV)_T$ est ce que c'est égal à $1/(dV/dP)_T$? en général c'est faux ...

5. Comparaison de la dilatation thermique d'un liquide avec un métal ? ODG de α du solide
6. Comment un métal se dilate ? Exemple : portail métallique qui se dilate entre l'été et l'hiver
7. Approche micro : comment des particules ponctuelles peuvent collisionner ? Proba nulle des collisions
Pourquoi c'est si important que les particules soient ponctuelles ? Co-volume
8. Que vaut la distance moyenne entre particules finalement ?
 $d_{\text{moyen}} = (V_m/N_A)^{1/3} = (V/N)^{1/3} = 1/n^{1/3}$
9. D'où sort $E_c = 3/2 \cdot k_B \cdot T$? Théorème de l'équipartition de l'Energie (translation)
L'équipartition c'est tout le temps vrai ? Non, il faut être dans le cadre de l'approximation classique (nombre quantique élevés)
10. Relation entre PV et l'énergie interne ? $U = 3/2 N k_B T = 3/2 \cdot PV$ – vrai pour un gaz réel aussi.
Pour un gaz de photon ? $PV = 1/3 \cdot U$

Commentaires

Leçon longue - beaucoup de choses à dire

Diagramme d'Amagat indispensable.

On peut peut-être supprimer la partie sur les coefficients de réponse pour parler un peu plus de la détente de Joule Gay-Lussac ou Thomson ...