PROGRAMME DE KHÔLLES DE LA CLASSE DE PCSI - PHYSIQUE

SEMAINE 25 : du 28 avril au 2 mai 2025

M5 cours 1/2 : étude du mouvement d'un solide (rotation autour d'un axe fixe)

Voir semaine précédente

M5 cours 2/2 : approche énergétique

Energie cinétique de rotation pour un solide en rotation autour d'un axe Δ : $E_c = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega^2$

Calcul de la puissance d'une force appliquée à un solide en rotation : $P(\vec{F}) = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \omega$

TPC : $d(E_c)/dt = J_{\Delta} \ddot{\theta} \dot{\theta} = \sum P(\vec{F}_{ext})$

Savoir montrer l'équivalence du TSMC et du TPC pour le solide en rotation.

Cas du solide déformable : prise en compte des actions intérieures pour le TPC.

T1 cours 1/3 : description d'un système thermodynamique à l'équilibre

Description microscopique des 3 phases (solide, liquide, gazeuse).

Notion de libre parcours moyen : connaître les ordres de grandeurs du libre parcours moyen : 10^{-10} m pour les liquides et 10^{-7} m pour les gaz dans les conditions usuelles de température et de pression.

Échelles microscopique, mésoscopique, macroscopique et lien avec le libre parcours.

Vocabulaire des systèmes thermodynamiques : savoir définir ce qu'est un système fermé, ouvert, isolé ; une paroi athermane ou calorifugée, une paroi diathermane ; une transformation adiabatique.

Variables d'état (grandeurs macroscopiques reflet du comportement microscopique du gaz) :

→ température : savoir passer des K aux °C

→ pression : définition en lien avec la force pressante, connaître et exploiter $F=P \times S$, connaître les unités

→ volume

→ quantité de matière

Équilibres thermodynamiques

→ Savoir calculer, à l'équilibre mécanique, la pression d'un gaz contenu dans un récipient à paroi mobile (savoir traiter le cas de la paroi horizontale soumise en plus de la pression atmosphérique à son poids et/ou à une force pressante exercée par un opérateur et/ou à un peson posé sur la paroi).

→ Dédire la température d'un système en équilibre thermique (exemple : système laissé longtemps au contact de l'atmosphère avec des parois diathermanes : $T_f = T_{ext}$). Attention, pas d'équilibre thermique à attendre si les parois sont parfaitement calorifugées.

→ Notion de pression cinétique : utiliser un modèle unidirectionnel avec une distribution discrète de vitesse pour montrer que la pression est proportionnelle à la masse des particules, à la densité particulaire et à la vitesse quadratique moyenne au carré (démonstration à connaître).

Connaître la formule $P_{cinétique} = \frac{1}{3} \cdot m \cdot n \cdot u^2$

→ Notion de température cinétique. Exemple du gaz parfait monoatomique, connaître $E_c = \frac{3}{2} \cdot k_B T$ et l'utiliser pour calculer l'ordre de grandeur d'une vitesse quadratique moyenne u d'un GP.

Hypothèses du gaz parfait à connaître : particules ponctuelles (volume propre négligeable devant la distance qui sépare les particules) et sans interaction entre elles en dehors des chocs.

Connaitre et utiliser l'équation d'état des gaz parfait qui lie les 4 variables d'états :

$PV=N.k_B.T$ soit $PV=nRT$ (savoir retrouver l'équation d'état des GP en partant de l'Ec moyenne et de la pression cinétique pour un GPM).

Ordres de grandeur de volumes molaire ou massique (gaz et phase condensées) à connaître. Savoir que le volume molaire d'un gaz dans les CNTP est environ 1000 fois supérieur à celui d'une phase condensée. Connaître par cœur : $V_m(\text{CNTP})=22,4\text{L.mol}^{-1}$ et $V_m(\text{CSTP})=24,4\text{L.mol}^{-1}$ pour un gaz parfait (indépendamment de sa nature).

T1 cours 3/3 : l'énergie interne, une fonction d'état additive et extensive

- notions de capacité thermique à volume constant, de capacité thermique à volume constant molaire, de capacité thermique à volume constant massique. Pouvoir montrer que $C_{v,m} = c_v.M$
- Pour un système réel fermé quelconque subissant une transformation ISOCHORE savoir relier une variation d'énergie interne connaissant C_v ou c_v ou $C_{v,m}$ avec la variation de température correspondante: $\Delta U = \int C_v.dT$ pour une transfo isochore si C_v reste constante dans la gamme de température étudiée, utiliser directement $\Delta U = C_v.\Delta T = C_{v,m}.n.\Delta T = c_v.m.\Delta T$
- **Savoir que les GP et les phases condensées incompressibles et indilatables répondent à la première loi de Joule : U_m ne dépend que de T (et donc que U ne dépend que de T et de n) . $\Delta U = \int C_v.dT$ valide même si la transformation n'est PAS isochore pour les systèmes répondant à la 1ere loi de Joule.**
- modèle du GP monoatomique : connaitre les expressions de $U = 3/2.nRT$, de $U_m = 3/2.RT$, de $C_v = 3/2.nR$ et de $C_{v,m} = 3/2.R$ soit $\Delta U = 3/2.nR\Delta T$
- modèle du GP diatomique : connaitre les expressions de U , de U_m , de C_v et de $C_{v,m}$ aux températures usuelles : $U = 5/2.nRT$, de $U_m = 5/2.RT$, de $C_v = 5/2.nR$ et de $C_{v,m} = 5/2.R$ soit $\Delta U = 5/2.nR\Delta T$; savoir pourquoi C_v peut prendre 3 valeurs différentes en fonction de la température et connaitre les expressions de C_v dans les 3 domaines de température.
- modèle de la phase condensée incompressible et indilatable : notions de compressibilité et de dilatabilité, savoir que les phases condensées incompressibles et indilatables répondent à la 1ere loi de Joule. Savoir qu'une phase condensée réelle peut être modélisée avec une bonne approximation par une phase condensée idéale.
- Dans le cas des solides, pour une température supérieure à T_{Debye} , on utilise la loi empirique de Dulong petit : $C_{v,m} \approx 3R$.
- La capacité thermique massique de l'eau liquide vaut $c_v \approx 4180\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ (donc $C_{v,m} \approx 75\text{J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$) ce qui est une valeur élevée pour un corps pur (bien plus que les gaz et les solides et la plupart des autres liquides) : l'eau est un bon fluide caloporteur

Conclusion : les différentes manières de calculer ΔU :

- à partir de l'expression de la fonction d'état U (ex = $U=3/2.nRT$ pour un GPM) : $\Delta U=U_f-U_i$
- à partir de C_v pour une transformation isochore
- à partir de C_v pour une transformation quelconque pour un gaz parfait ou une phase condensée idéale
- à partir du 1^{er} principe (connaissant W et Q) → voir bloc 2.

Bloc T2, cours 1/2 : échanges d'énergie, au cours d'une transformation, premier principe, bilans d'énergie basés sur ΔU

E : grandeur conservative ne variant que par échanges avec le milieu extérieur

W et Q : les deux modes de transfert d'énergie entre un système et le milieu extérieur.

1^{er} principe de la thermodynamique : $\Delta E = \Delta U + \Delta E_{p_{macro}} + \Delta E_{c_{macro}} = W + Q$

En PCSI, étude limitée aux systèmes pour lesquels $\Delta E_{p_{macro}} = 0$ donc $\Delta E = \Delta U + \Delta E_{c_{macro}} = W + Q$

si en plus le système est macroscopiquement au repos (valable la plupart du temps) : $\Delta E = \Delta U = W + Q$

Savoir que U est une variable d'état, additive et extensive donc la valeur de ΔU ne dépend que des EI et EF, pas du chemin suivi, à la différence de W et de Q.

Bien comprendre les notations différentes pour des calculs sur une transformation élémentaire :

- δW : transfert élémentaire d'énergie par travail d'une force
- δQ : transfert élémentaire d'énergie thermique
- dU : variation élémentaire d'énergie interne.

W comprendra le travail des forces de pression (quand le système possède des parties mobiles comme un piston) et le travail des forces électriques (quand le système possède une résistance chauffante).

U décrit le système dans un état donné ; W, Q, ΔU correspondent à l'évolution du système d'un état à un autre.

Définition des transformations isochore, isotherme, isobare, monobare, monotherme, quasi-statique.

Calcul de $W_{\text{forces de pression}} = W_p$: Connaître PAR CŒUR la formule $\delta W_p = -P_{\text{ext}}.dV$ avec P_{ext} la pression s'exerçant à la frontière extérieure résultant de toutes les actions extérieures pressantes (pression atmosphérique, poids de la paroi mobile, poids d'un objet posé sur la paroi mobile, force pressante exercée par un opérateur).

A PARTIR DE MERCREDI

Détermination graphique du W_p à l'aide du diagramme de Clapeyron (P,v) ou de Watt (sur le diagramme de watt : $W = - A$ avec A : aire algébrique sous la courbe) à condition que la transformation soit quasi-statique (afin de pouvoir connaître (P,v) à chaque instant de la transformation.

Cas des transformations cycliques : savoir que $\Delta U = 0$, différencier sur un diagramme de Watt/Clapeyron les cycles moteur et récepteur