PCSI Physique - Programme de colle 24

Semaine du 21 au 25 avril 2025.

Chapitre T_1 - De la mécanique à la thermodynamique

- Echelles microscopique, mésoscopique, macroscopique. Libre parcours moyen.
- Systèmes thermodynamiques. Variables d'état, fonctions d'état. Intensivité et extensivité, et exemples.
- Equilibre thermodynamique et états stationnaires. Notion de transformation thermodynamique.
- Modèle du gaz parfait monoatomique : hypothèses, distribution des vitesses (expression exacte de la distribution de Maxwell-Boltzmann hors programme), vitesse quadratique moyenne et température cinétique.
- Pression dans le gaz parfait. Démonstration de l'équation d'état des gaz parfaits à partir d'un raisonnement microscopique.
- Energie dans un système thermodynamique : énergie mécanique (macroscopique), interne (microscopique). Définition thermodynamique de l'énergie interne (fonction d'état extensive et conservée pour un système isolé : pas encore le reste du Premier Principe).
- Dérivées thermodynamiques, exemple de la capacité thermique à volume constant. Expressions de U et C_V pour le gaz parfait monoatomique.
- Energie interne et capacité thermique du gaz parfait monoatomique.
- Gaz parfaits diatomiques : influences des degrés de liberté supplémentaires sur C_V et U. Relation $\Delta U = C_V \Delta T$ pour le gaz parfait.
- Les limites du modèle du gaz parfait : vers le gaz réel. Gaz de Van der Waals (équation d'état hors programme).
- Phases condensées incompressibles et indilatables. Equation d'état $V_m = V_{0,m}$, relation $\Delta U = C_V \Delta T$ pour la phase condensée.

Questions de cours potentielles :

- Définir les notions de variable d'état, d'intensivité et d'extensivité, et donner des exemples.
- Démontrer que la pression dans le gaz parfait monoatomique à l'équilibre thermodynamique vaut $P = \frac{1}{3} n^* m v^{*2}$, avec n^* la densité particulaire et v^* la vitesse quadratique moyenne. (dev 1+2)
- Montrer que l'énergie internet de n moles de gaz parfait ne dépend que de T, et donner son expression. En déduire la capacité thermique molaire du gaz parfait. (dev3)
- Démontrer que, lors d'une transfomation thermodynamique faisant varier T et V dans un système constitué d'un gaz parfait, on a $\Delta U = C_V \Delta T$. (dev 4)

Chapitre T_2 - Statique des fluides

- Fluides au repos, notion de particule fluide.
- Densités surfaciques et volumiques de force, résultantes des forces surfaciques et volumiques en termes d'intégrales (doubles ou triples).
- Outil mathématique : calcul d'intégrales surfaciques ou volumiques. Eléments de surface et de volume en coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques. Application au calcul de surfaces, volumes et moments d'inertie.
- Gradient d'une fonction de trois variables. (Seule l'expression en cartésiennes doit être connue).
- Equivalent volumique des forces de pression : bilan sur une particule fluide, dans le cas où $P = P(z)$ puis dans le cas $P = P(x, y, z)$. Démonstration de l'équation fondamentale de la statique des fluides.

- Simplification de l'équation de la statique des fluides dans le cas où seul le poids et les forces de pression jouent un rôle.
- Hydrostatique : principe de Pascal.
- Modèle de l'atmosphère isotherme. Hauteur barométrique. Comparaison avec la réalité, limites du modèle.
- Facteur de Boltzmann.
- Résultante de pression : calcul par intégration. Simplification pour le solide immergé : poussée d'Archimède.

Questions de cours potentielles :

- Calculer la surface extérieure et le volume d'un cylindre par intégration.
- Calculer la surface d'une sphère de rayon R et le volume de la boule associée, par intégration. Puis calculer la masse d'une boule inhomogène de masse volumique ρ_i si $r < r_0$ et ρ_e si $r_0 \leq r \leq R$ (avec $r_0 < R$).
- Démontrer que la résultante des forces de pression s'exerçant sur une particule fluide est $\vec{F_p} = -dP/dz\,\vec{e}_z$ dans le cas où P ne dépend que de z, et en déduire l'équation fondamentale de la statique des fluides. Sans calcul supplémentaire, généraliser au cas à trois dimensions (avec le gradient). (dev 3)
- Expliquer le principe du vérin hydraulique, et faire le calcul de la force nécessaire pour maintenir $M = 1000\,\mathrm{kg}$ si le rapport des deux surfaces du vérin est $S_2/S_1 = 100$. (app 7)
- Calculer la pression $P(z)$ à partir de l'équation fondamentale de l'hydrostatique, dans le modèle de l'atmosphère isotherme. Préciser l'expression et donner un ordre de grandeur de la valeur de la hauteur caractéristique H (dev 6).
- Démontrer la condition que doit satisfaire la masse volumique d'un solde pour qu'il flotte à la surface d'un fluide.

Exercices

Exercices sur les chapitres T_1 et T_2.