

## PHYSIQUE STATISTIQUE

### I. Introduction générale

- Les différentes échelles d'étude de la matière.
- Ordre de grandeur du nombre d'atomes présents dans un échantillon macroscopique.

### II. Éléments de statique des fluides

- Champ des pression dans un fluide
- Relation fondamentale de la statique des fluides dans le champ de pesanteur.
- Exemple d'un liquide incompressible et indilatable.
- Application : équilibre d'un gaz parfait isotherme dans le champ de pesanteur uniforme.

### III. Le facteur de Boltzmann

- Probabilité de trouver une molécule donnée du gaz entre  $z$  et  $z + dz$ . Constante de Boltzmann  $k_B = R/N_A$ .
- **Généralisation** : dans un système formé de  $N \gg 1$  particules (atomes ou molécules) sans interactions (indépendantes) et en équilibre thermique avec un thermostat à la température  $T$ , la probabilité qu'une particule possède une énergie  $\varepsilon$  est proportionnelle au facteur de Boltzmann  $e^{-\varepsilon/k_B T}$ .
- Cas des statistiques quantiques et classiques.

### IV. Statistiques quantiques

- Système formé de  $N \gg 1$  particules indépendantes avec des énergies quantifiées  $\varepsilon \in \{\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_K\}$ .  $\varepsilon$  = variable aléatoire discrète dont les réalisations  $\varepsilon_k$  sont affectées des probabilités  $P(\varepsilon_k) = C e^{-\varepsilon_k/k_B T}$ .

- Fonction de partition  $Z$ . Approximations basse et haute température.
- Énergie moyenne  $\langle \varepsilon \rangle$  d'une particule, variance  $V(\varepsilon)$  et écart-type  $\Delta\varepsilon$
- Cas particulier de deux niveaux d'énergie.
- Énergie totale  $E$  du système de  $N$  particules. Valeur moyenne  $\langle E \rangle$ , écart-type  $\Delta E$  et fluctuation relative. Énergie interne  $U$  et capacité thermique à volume constant  $C_V$ .

### V. Statistiques classiques

- Probabilité pour que le point représentatif  $e$  de la particule dans l'espace des phases appartienne à un élément de volume  $d\tau_\varphi$ .
- Valeur moyenne  $\langle g \rangle$  d'une grandeur mécanique.
- Degré de liberté quadratique et théorème d'équipartition de l'énergie
- Application au calcul de l'énergie interne des gaz parfaits monoatomique et diatomique.
- Application au calcul de l'énergie interne d'un solide. Loi de Dulong et Petit.

### QUESTIONS DE COURS

1. Établir la relation fondamentale de la statique des fluides dans le champ de pesanteur. L'appliquer à un gaz parfait isotherme à la température  $T$ .
2. Statistiques quantiques : connaître la fonction de partition  $Z$  et sa relation avec  $\langle \varepsilon \rangle$  et  $\Delta\varepsilon$ .
3. Statistiques classiques : définir un degré de liberté quadratique et énoncer le théorème d'équipartition de l'énergie. Savoir l'appliquer à un gaz parfait monoatomique et à un gaz parfait diatomique (dans ce dernier cas : indiquer juste le nombre de degré de libertés quadratiques de translation et de rotation, sans

apprendre par cœur l'expression de l'énergie cinétique). Savoir l'appliquer à un solide pour obtenir la loi de Dulong et Petit.