

LP 12 : Premier principe de la thermodynamique

Armél JOUAN, Géraud DUPUY

Ebauche de plan - Niveau : L1

Introduction : Expérience de la seringue de feu. Comment l'action mécanique qu'on entreprend crée une flamme ? Il semble qu'en apportant de l'énergie mécanique, on voit apparaître de l'énergie thermique, expliquons ça.

Prérequis

- Intro à la thermo: Système fermé, équilibre thermo, transformation, variables et fonctions d'état
- Equation d'état du gaz parfait
- Dérivée partielle et différentielle (logarithmique) Théorie cinétique du gaz parfait: Théorème de l'équipartition

1 Du microscopique au macroscopique

1.1 Energie interne

- On se donne l'énergie totale comme somme des énergies cinétiques et potentielles, macro et micro.
- Identifier les termes qu'on a l'habitude de traiter.
- Rassembler les termes microscopiques dans une énergie interne pour simplifier
- Montrer son existence soit avec une vidéo, soit avec une expérience de fumée dans un réservoir et un laser + flexcam et microscope (on peut aussi prendre une vidéo)
- L'idée est de voir la fumée bouger et se dire qu'on a une agitation thermique

1.2 Enoncé du premier principe

- Donner l'énoncé du premier principe
- Montrer cette approche avec la conservation de l'énergie totale. On la prendra pour un système au repos, et en explicitant les travail micro et macro qui se rangeront dans le travail et les transferts thermiques
- Mettre l'avant sur la vraie chose forte du premier principe, supposer que U est une variable d'état
- A partir de là, on se placera toujours dans le cas d'un système au repos (on ne considère plus les variations des énergies macroscopiques)

1.3 Cas d'une transformation quasi-statique

- Définir la transformation quasistatique
- Supposer que seule la pression travaille
- Faire l'hypothèse d'une réaction isobare. Aboutir avec la condition d'équilibre à $P = P_{\text{ext}}$
- Faire l'intégrale du travail
- Définir l'enthalpie
- Aboutir au premier principe enthalpique
- Rq: utile en chimie Rq: On ne sait toujours pas comment calculer ni Q ni les variations de U , on a donc une équation et deux inconnues, on est pas dans la merde

2 Cas du gaz parfait

2.1 Variation de U et H

- Définir les capacités thermiques à pression et volume fixés
- Slide sur des valeurs
- Montrer (thm de l'équipartition) / poser la loi de joule
- En déduire la relation de Mayer en différenciant U et H
- Définir γ
- Donner l'expression de C_v et C_p en fonction de γ , n et R

- Donner des valeurs
- On est ainsi capable de de déterminer les évolutions de U avec un paramètre d'état, c'est à dire T

2.2 Expérience de la seringue de feu

- Système: Air emprisonné + papier
- Etat final: papier en combustion
- Hypothèses: Air GP, petit papier négligeable en Cv, adiabatique vis à vis du temps de l'expérience
- On a $\Delta U = m_{air}C_v\Delta T = W$
- On fait un théorème de l'énergie cinétique sur la main $-\Delta E_c = W = \frac{1}{2}mv^2 = 0.5 \times 0.2 \times 10^2 = 10J$
- On prends pour masse d'air : $m_{air} = \rho\pi hr^2 = 1 \times 0.1 \times 0.3 \times 0.01^2 = 0.03g$
- On a alors $\Delta T = \frac{W}{m_{air}C_v} = 300K$
- Le papier rentre en combustion spontanée à 233°C (Ou 451°F, pour la culture). On retrouve bien ce comportement de combustion spontanée, et on a bien montré comment on a conversion d'une énergie mécanique en une énergie thermique

3 Transformation quasistatique adiabatique

3.1 Loi de Laplace

- Partir de la loi des gaz parfaits
- Différentier.
- Remplacer dT par son expression en fonction de γ et dU
- Reformuler dU avec le 1ppe dans le cas adiabatique
- Obtenir la différentielle logarithmique en P et V
- Intégrer et obtenir l'équation de Laplace
- La donner sur slide pour TV et TP

3.2 Expérience de Rüchardt

- On met une petite bille dans une ouverture cylindrique sur un récipient de GP
- Petite perturbation, on suppose l'évolution quasistatique et adiabatique
- Montrer qu'on a des oscillations et qu'on peut déduire de la période la mesure de γ
- <http://olivier.granier.free.fr/Seq07/co/ex-CCP-1-thermo.html>
- <http://www.chimix.com/an11/sup11/min03.html>

Conclusion

Ouvrir sur le second principe ou alors sur le premier principe industriel.

Bibliographie : démonstrations et exemples

- 1 Diu, Thermodynamique
- 2 BFR, Thermodynamique
- 3 Callen, Thermodynamics