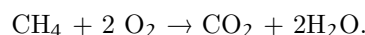


Vérifiez systématiquement vos résultats (analyse dimensionnelle, cas limites, tout ce que vous pouvez imaginer, ...). Tout résultat absurde conduira à des points négatifs... L'examen est un peu long mais le barème est sur plus de 20 points, donc pas de panique si vous ne finissez pas.

1 Méthane

On dispose d'un litre de méthane (CH_4) à 0°C et à pression atmosphérique (le méthane est gazeux dans ces conditions). La combustion de ce gaz met en jeu la réaction chimique :



Lors de la combustion d'une mole de méthane une quantité d'énergie $\Delta E = 890 \text{ kJ}$ est libérée.

1. En supposant que le méthane se comporte comme un gaz parfait, calculez l'énergie mise en jeu lorsqu'on brûle 1 litre de méthane (on donne $R = 8,3 \text{ J/K}$).

2. Supposons que toute cette énergie peut être transformée en travail. De quelle hauteur peut-on élever un objet de masse m dans le champ gravitationnel de la terre? Application numérique : $m = 10 \text{ kg}$.

3. En supposant que toute cette énergie sert à chauffer de l'eau, quelle augmentation de température peut-on provoquer dans une baignoire contenant une masse m d'eau? Application numérique : $m = 10 \text{ kg}$.

4. En supposant que toute cette énergie puisse être transformée en énergie électrique, combien de temps peut-on faire marcher une ampoule de puissance \mathcal{P} ? Application numérique $\mathcal{P} = 100 \text{ W}$.

2 La corde de piano

Une corde de piano est tendue entre deux points. Lorsqu'on la frappe avec un marteau, la corde se déforme au point d'impact, puis cette déformation se propage le long de la corde avec une vitesse c appelée célérité.

1. La célérité dépend de la masse linéique μ (exprimée en kg/m) et de la tension T (exprimée en Newton). En utilisant l'analyse dimensionnelle, déterminez c en fonction de μ et T .

2. On souhaite maintenant déterminer la fréquence de vibration de la corde qui est reliée à la hauteur (grave/aigu) du son émis par la corde. Trouvez une expression pour ν faisant intervenir, en plus de T et μ , la longueur L de la corde.

3. Discutez qualitativement comment varient la fréquence et la célérité de lorsqu'on change les différents paramètres du problème. Ces comportements vous paraissent-ils raisonnables?

4. Une corde de piano mesurant 1 mètre et pesant 100 g est tendue à une tension de 1000 Newton. Estimez la fréquence d'oscillation. Est-ce satisfaisant?

3 Les transformations quasi-statiques

On considère n moles d'un gaz dont les propriétés sont proches de celles d'un gaz parfait et dont les capacités calorifiques sont indépendantes de la température. On souhaite quantifier la quantité d'énergie échangée lors de diverses transformations *quasi-statiques*.

1. On effectue une transformation à pression constante de l'état A à l'état B lors de laquelle le volume est multiplié par une constante $\alpha > 1$ (on appelle P_A , V_A et T_A la pression, le volume et la température initiale). Expliquez comment on peut réaliser cette transformation expérimentalement. Calculez la température dans l'état B. Décrivez cette transformation dans le plan (PV). Déterminez les échanges d'énergie avec l'extérieur sous forme de travail et de chaleur (discutez en particulier si l'énergie entre ou sort de notre système).

2. À partir de l'état B, on effectue une transformation à volume constant lors de laquelle la pression est divisée par la même constante α , ce qui nous amène à l'état C. Expliquez comment on peut réaliser cette transformation expérimentalement. Calculez la température dans l'état C. Décrivez cette transformation dans le même plan (PV) que dans la question **1**. Déterminez les échanges d'énergie avec l'extérieur sous forme de travail et de chaleur (discutez en particulier si l'énergie entre ou sort de notre système).

3. Finalement, on effectue depuis l'état C une transformation à température constante lors de laquelle le volume est divisé par α . Expliquez comment on peut réaliser cette transformation expérimentalement. Vérifiez que l'on se retrouve alors dans l'état A. Décrivez cette transformation dans le même plan (PV) que dans la question **1**. Déterminez les échanges d'énergie avec l'extérieur sous forme de travail et de chaleur (discutez en particulier si l'énergie entre ou sort de notre système).

4. En utilisant les résultats précédents, montrez que δW n'est pas une différentielle exacte. Même question pour δQ .

5. Lors d'un cycle, l'énergie interne du gaz ne change pas (ce qui est synonyme du fait que l'énergie est une fonction d'état). En utilisant le premier principe de la thermodynamique, retrouvez la relation de Mayer reliant C_P et C_V .