

Département des Etudes Préparatoires
aux Concours de Technologie

Épreuve de Physique

2^{ème} Année de Préparation Biologie - Géologie

Mercredi 29 Octobre 2025 de 8h30 à 10h30

DEVOIR DE CONTROLE - 1^{ère} Semestre

Exercice 1 :

1- En considérant V comme une fonction de T et P , écrire l'expression de la différentielle de V (c'est-à-dire dV).

2- Au cours d'une très petite transformation thermodynamique d'un gaz réel (de volume V , pression P , température T et nombre de moles n), la variation du volume est donnée par :

$$dV = \frac{nR}{P} dT - \frac{nRT}{P^2} dP$$

où R est la constante des gaz parfaits.

Monter que l'équation d'état de ce gaz est :

$$V(T, P) = \frac{nRT}{P} + cste$$

3- Les différentielles totales de l'énergie interne et de l'entropie peuvent être écrites sous la forme :

$$dU = C_V dT + (\ell - P) dV \quad , \quad dS = \frac{C_V}{T} dT + \frac{\ell}{T} dV$$

Où C_V et ℓ sont des coefficients calorimétriques qui peuvent dépendre des variables d'état. P est la pression, V le volume et T la température.

a- Expliciter les relations imposées par le fait que dU et dS sont des différentielles totales exactes des fonctions $U(T, V)$ et $S(T, V)$.

b- En déduire les deux relations :

$$\ell = T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V \quad , \quad \left(\frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T = T \left(\frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V$$

Exercice 2 :

A- Equation d'état

On considère un fil élastique de section constante s , dont la longueur est ℓ_0 à la température T_0 et lorsqu'il n'est soumis à aucune force de traction ($f = 0$), son module d'Young $E = \frac{\ell}{s} \left(\frac{\partial f}{\partial \ell} \right)_T$ et son coefficient de dilatation linéaire à force constante $\lambda = \frac{1}{\ell} \left(\frac{\partial \ell}{\partial T} \right)_f$ sont constants et positifs.

- 1- Exprimer, sous forme différentielle, la variation de la longueur du fil ($d\ell$) pour une transformation dans laquelle la température varie de dT et la force de traction df .
- 2- Montrer que l'équation d'état du fil s'exprime comme :

$$\ell = \ell_0 \exp [a f + b (T - T_0)]$$

Où $a = \frac{1}{E s}$ et $b = \lambda$ sont des constantes.

B- Calculs des coefficients calorimétriques

Lors d'une transformation infinitésimale réversible où T , f et ℓ varient respectivement de dT , df et $d\ell$, la chaleur reçue par le fil est :

$$\delta Q = C_\ell dT + L d\ell = C_f dT + k df$$

- 3- Définir les coefficients calorimétriques.
- 4- Exprimer, sous forme différentielle, le premier principe de la thermodynamique (dU) pour une transformation dans laquelle la température varie de dT et la longueur de $d\ell$.
- 5- Exprimer, sous forme différentielle, la variation de l'enthalpie (dH) pour une transformation dans laquelle la température varie de dT et la force de traction de df .
- 6- Exprimer le second principe pour cette transformation et en déduire les deux écritures de la variation d'entropie $dS(T, \ell)$ et $dS(T, f)$.
- 7- Exprimer, sous forme différentielle, la variation de l'énergie libre $dF(T, \ell)$ et de l'enthalpie libre $dG(T, f)$.
- 8- En écrivant que les variations élémentaires de l'entropie dS et de l'énergie libre dF sont des différentielles totales, déterminer :

- a- La relation de Clapeyron relative au coefficient calorimétrique L est sous la forme :

$$L = -T \left(\frac{\partial f}{\partial T} \right)_\ell$$

- b- Déduire que :

$$L = T \frac{b}{a}$$

9- En écrivant que les variations élémentaires de l'entropie dS et de l'enthalpie libre dG sont des différentielles totales, déterminer :

a- La relation de Clapeyron relative au coefficient calorimétrique k est sous la forme :

$$k = T \left(\frac{\partial \ell}{\partial T} \right)_f$$

b- Dédurre que :

$$k = b T \ell$$

10- De quelles variables dépendent C_ℓ et C_f ? En admettant que dans le domaine de température étudié on a $C_\ell = C_0 = \text{cste}$, montrer que C_f se met sous la forme :

$$C_f = C_0 + \ell T \frac{b^2}{a}$$

C- Transformations

11- Transformation réversible isotherme

La transformation isotherme s'effectuant au fil se déroule à la température constante T_0 . La force appliquée au fil varie de $f = 0$ à $f = f_0$ et sa longueur devient ℓ_1 . Calculer :

a- La chaleur Q_0 reçue par le fil.

b- Le travail W_0 et montrer qu'il se met sous la forme :

$$W_0 = f_0 \ell_1 - \frac{(\ell_1 - \ell_0)}{a}$$

$$\text{Avec : } f_0 = \frac{1}{a} \ln \left(\frac{\ell_1}{\ell_0} \right)$$

$$\text{NB : } \int_{x_1}^{x_2} \ln(x) dx = [x \ln(x) - x]_{x_1}^{x_2}$$

c- La variation d'énergie interne du fil et montrer qu'elle se met sous la forme :

$$\Delta U_0 = f_0 \ell_1 - \frac{(\ell_1 - \ell_0)}{a} (1 - b T_0)$$

d- La variation d'entropie ΔS_0 du fil.

12- Transformation monotherme

Le fil étant à la température extérieure T_0 et non soumis à une force de traction, la force f_0 lui est appliquée brutalement, tandis qu'il reste toujours en contact avec l'atmosphère. Après établissement de l'équilibre, calculer :

a- Le travail W_1 reçu par le fil.

b- La variation d'énergie interne ΔU_1 du fil.

c- La chaleur Q_1 reçue par le fil.

d- La variation d'entropie ΔS_1 du fil.

Exercice 3 :

- 1- Qu'appelle-t-on potentiel thermodynamique ?
- 2- Déterminer, en justifiant, le potentiel thermodynamique décrivant l'évolution d'un système thermodynamique dans les cas suivants :
 - a- Un système fermé thermiquement isolé.
 - b- Un système fermé qui subit une évolution monotherme sans échange de travail avec l'extérieur.
 - c- Un système fermé qui subit une évolution à la fois monotherme et monobare.