

PROGRAMME DE COLLE DE PHYSIQUE

Semaine du 05/09 au 10/10

M4 - Oscillations libres (cours+exercices)

- connaître les propriétés d'un signal sinusoïdal.
- savoir établir l'équation de l'oscillateur harmonique dans le cas d'un mouvement horizontal sans frottement d'une masse m accrochée à un ressort et connaître sa solution.
- savoir établir l'équation de l'oscillateur harmonique dans le cas d'un mouvement vertical sans frottement d'une masse m accrochée à un ressort et connaître sa solution.
- savoir interpréter le portrait de phase de l'oscillateur harmonique.
- Approximation harmonique : savoir effectuer un développement limité à l'ordre 2 de l'énergie potentielle au voisinage d'une position d'équilibre stable avec $\left(\frac{d^2 E_p}{dx^2}\right)_{x=x_e} > 0$ pour retrouver l'équation de l'oscillateur harmonique :

$$\ddot{X} + \omega_0^2 X = 0 \quad \text{avec } X = x - x_e \quad \text{et } \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{m} \left(\frac{d^2 E_p}{dx^2}\right)_{x=x_e}}$$

- Pendule simple : savoir établir l'équation des petites oscillations en effectuant un développement limité à l'ordre 2 de E_p au voisinage de 0.

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell} \theta = 0$$

- Pendule simple : savoir établir l'équation du mouvement pour des oscillation de plus grande amplitude

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell} \sin \theta = 0$$

- Pendule simple : savoir interpréter le portrait de phase.
- savoir établir l'équation du mouvement de l'oscillateur amorti et la mettre sous la forme

$$\ddot{x} + \frac{\omega_0}{Q} \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

savoir nommer et interpréter ω_0 et Q .

- connaître les différents régimes et savoir les relier à une inégalité sur Q .
- Portraits de phase associés aux trois régimes.
- Analogie électrique : à partir de l'équation différentielle fournie, savoir établir des équivalences avec le problème mécanique et retrouver par identification l'expression de la pulsation propre et le facteur de qualité.

Quelques rappels de chimie (cours + exercices simples)

- Rappels sur la structure de la matière. Tableau d'avancement d'une réaction chimique; notion de réactif limitant.

Capacités exigibles : effectuer un bilan de matière lors d'une réaction chimique.

Th 0 - Introduction à la thermodynamique (cours)

- Système thermodynamique. Paramètre d'état intensif et extensif. Définition de la pression. Température absolue.

Notions et contenus	Capacités exigibles
État d'équilibre d'un système	Proposer un jeu de paramètres d'état permettant de caractériser un état d'équilibre. Différencier un système ouvert et un système fermé. Distinguer les grandeurs intensives et les grandeurs extensives

Th 1 - Les différentes formes d'énergie (cours)

Notions et contenus	Capacités exigibles
5. Formes d'énergie	
L'énergie fonction d'état Stockage de l'énergie	Citer différentes formes d'énergies et les paramètres les caractérisant ; énergie cinétique (vitesse), énergie potentielle (position), énergie électrostatique (tension), énergie magnétique (intensité).
Énergie interne U d'un système	Associer la modification de la température, le changement de phase d'un système, à la variation d'énergie interne.

Ce qu'il faut retenir :

L'énergie interne U d'un système macroscopiquement au repos dans le référentiel d'étude est la somme

- des énergies cinétiques de tous ses composants microscopiques (mouvement d'agitation thermique)
- des énergies potentielles d'interaction entre ses composants microscopiques

L'énergie interne U est une **fonction d'état extensive** du système.

Th 2 - Caractéristiques d'un corps pur monophasé (cours + exercices d'application directe de la loi des gaz parfaits)

Outils mathématiques à maîtriser : Différentielle d'une fonction de plusieurs variables

- Équation d'état du gaz parfait. Mélange idéal de gaz parfaits. Pression partielle.
- Exemple d'équation d'état d'un gaz non parfait : l'équation d'état de van der Waals (l'équation n'est pas à connaître). Interprétation des coefficients a et b .
- Définition des coefficients de dilatation isobare α et de compressibilité isotherme χ_T . Équation d'état d'une phase condensée idéale (état solide ou liquide) : $V = cte = nV_m$ ($\alpha = 0$ et $\chi_T = 0$).
- Capacité thermique à volume constant. Cas particulier du gaz parfait et de la phase condensée idéale : dans les deux cas l'énergie interne ne dépend que de T . On peut écrire :

$$dU = C_V dT = nC_{V_m} dT = m_{\text{sys}} c_V dT$$

On se place dans un domaine de température où $C_V = cte$:

$$\Delta U = C_V \Delta T = nC_{V_m} \Delta T = m_{\text{sys}} c_V \Delta T$$

- Savoir que pour un gaz parfait monoatomique $C_{V_m} = \frac{3}{2}R$ et que pour un gaz parfait diatomique $C_{V_m} = \frac{5}{2}R$.
- pour une phase condensée idéale, on omet souvent l'indice V (car V est constant) et on parle uniquement de capacité thermique (notée $C = nC_m = m_{\text{sys}}c$).

Notions et contenus	Capacités exigibles
Modèle du gaz parfait	Calculer un paramètre avec l'équation d'état du gaz parfait Citer quelques limites du modèle
Énergie interne U d'un système Capacité thermique à volume constant dans le cas d'un gaz parfait Capacité thermique à volume constant d'une phase condensée indilatable et incompressible	Utiliser le fait que l'énergie interne ne dépend que de la température pour un gaz parfait. Utiliser le fait que l'énergie interne ne dépend que de la température pour une phase condensée incompressible et indilatable.

Th 3 - Changement de phase d'un corps pur (cours)

- Les différentes phases d'un corps pur
- titre en vapeur, titre en liquide d'un mélange diphasé
- diagramme (P,T) d'un corps pur : analyse.
- diagramme (P,V) de l'équilibre liquide vapeur, isothermes d'Andrews.

Connaissance exigible : détermination graphique de x_v et x_ℓ :

$$x_v = \frac{v_M - v_\ell}{v_v - v_\ell} \quad \text{graphiquement : } x_v = \frac{\overline{LM}}{\overline{LV}} \text{ si l'échelle horizontale est linéaire}$$

- expérience des tubes de Natterer
- lien entre diagramme (P,T) et diagramme (P,V).

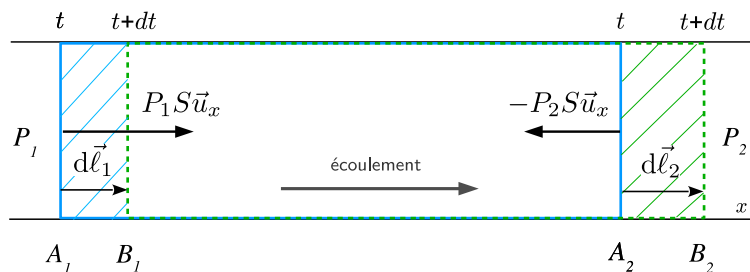
Th 4 - Transferts d'énergie (cours)

- connaître le vocabulaire des transformations : isochore, monobare, isobare, monotherme, isotherme. Transformation brutale, transformation quasistatique.
- les deux types de transfert d'énergie : travail W et transfert thermique Q
- Forces de pression : condition d'équilibre mécanique d'un piston
- Travail des forces de pression extérieure applicable au système { gaz+parois } pour une pression extérieure supposée uniforme sur toute la surface :

$$W = \int_{V_1}^{V_2} -P_{\text{ext}} dV$$

ce travail est transmis au système { gaz } si le déplacement du piston s'effectue sans frottement. cas particulier d'une transformation isochore ($W = 0$) et monobare ($W = -P_{\text{ext}}\Delta V$).

- Travail des forces de pression sur un fluide en écoulement



$$\delta W = P_1 dV_1 - P_2 dV_2$$

avec $dV_1 = Sd\ell_1$ le volume balayé par la surface amont et $dV_2 = Sd\ell_2$ le volume balayé par la surface aval.

- Travail des forces de pression pour une transformation mécaniquement réversible :

$$W = \int_{V_1}^{V_2} -PdV$$

cette formule s'applique dès que la pression du gaz est définie tout au long de la transformation. Représentation dans le plan (P, V) : relier le travail à l'aire sous la courbe ($W < 0$ pour une détente, $W > 0$ pour une compression, $W_{\text{cycle}} > 0$ pour un cycle récepteur décrit dans le sens trigo, $W_{\text{cycle}} < 0$ pour un cycle moteur décrit dans le sens horaire).

Exemples de calculs **à savoir refaire absolument** : transformation isobare, transformation isotherme d'un gaz parfait.

- Travail électrique