

# 上海交通大学试卷

## (2022至2023 学年第1学期)

班级号 \_\_\_\_\_ 学号 \_\_\_\_\_ 姓名(中和法) \_\_\_\_\_  
课程名称 : \_\_\_\_\_ PHY2301P 工程物理与化学基础 (1) 成绩 \_\_\_\_\_

### Avertissements / 说明 :

1. 考试时间 : 2小时。  
Durée de l'examen : 2 heures.
2. 可以使用计算器。但不能使用任何参考资料。  
L'utilisation d'une calculatrice est autorisée. Tous les documents sont interdits.
3. 各个大题是不相关的。请尽量作答所有的大题, 至少是其中一部分题目。  
Les exercices sont indépendants. Vous devez traiter tous les exercices, au moins partiellement.
4. 请注意书写质量会影响阅卷老师批改试卷: 字体不清或者语言表述不清的答案将会被酌情扣分。  
La correction tient compte de la qualité de la rédaction : les copies illisibles ou mal présentées seront pénalisées.
5. 答题纸如无法顺利上传Moodle, 请发至邮箱 : [vincent.canel@sjtu.edu.cn](mailto:vincent.canel@sjtu.edu.cn), [meng.xia@sjtu.edu.cn](mailto:meng.xia@sjtu.edu.cn)

## Partie Physique : Thermodynamique (67 points)

### Exercice 1 : ballon sonde (30 points)



Un ballon sonde (探测气球) est assimilé à une sphère indéformable de rayon  $R_0 = 2,0$  m (et donc de volume) constant. Il est rempli d'hélium (He) gazeux et est ouvert par le bas pour permettre à l'hélium de s'échapper (流出) durant l'ascension (上升) : l'hélium est alors en équilibre thermique et mécanique avec l'atmosphère à tout instant. Le ballon a une masse à vide (sans hélium)  $m_0 = 1,0$  kg et est utilisé pour transporter des équipements scientifiques de masse  $m$ . L'altitude  $z$  du ballon assimilé à un point est repérée selon un axe vertical ascendant ( $Oz$ ) avec le vecteur directeur unitaire  $\vec{e}_z$ . Tous les gaz sont considérés parfaits.

我承诺，我将  
严格遵守考试  
纪律。

承诺人：\_\_\_\_\_

题号										
得分										
批阅人(流水阅卷教师签名处)										

### Données :

- accélération de la pesanteur terrestre :  $\vec{g} = -g\vec{e}_z$  avec  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- température de l'atmosphère à l'altitude  $z$  :

$$T(z) = T_0(1 - \alpha z)$$

avec  $\alpha = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$  et  $T_0 = 15^\circ\text{C}$ .

- masses molaires de l'air  $M_{\text{air}} = 29,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  et de l'hélium  $M_{\text{He}} = 4,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- constante des gaz parfaits  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

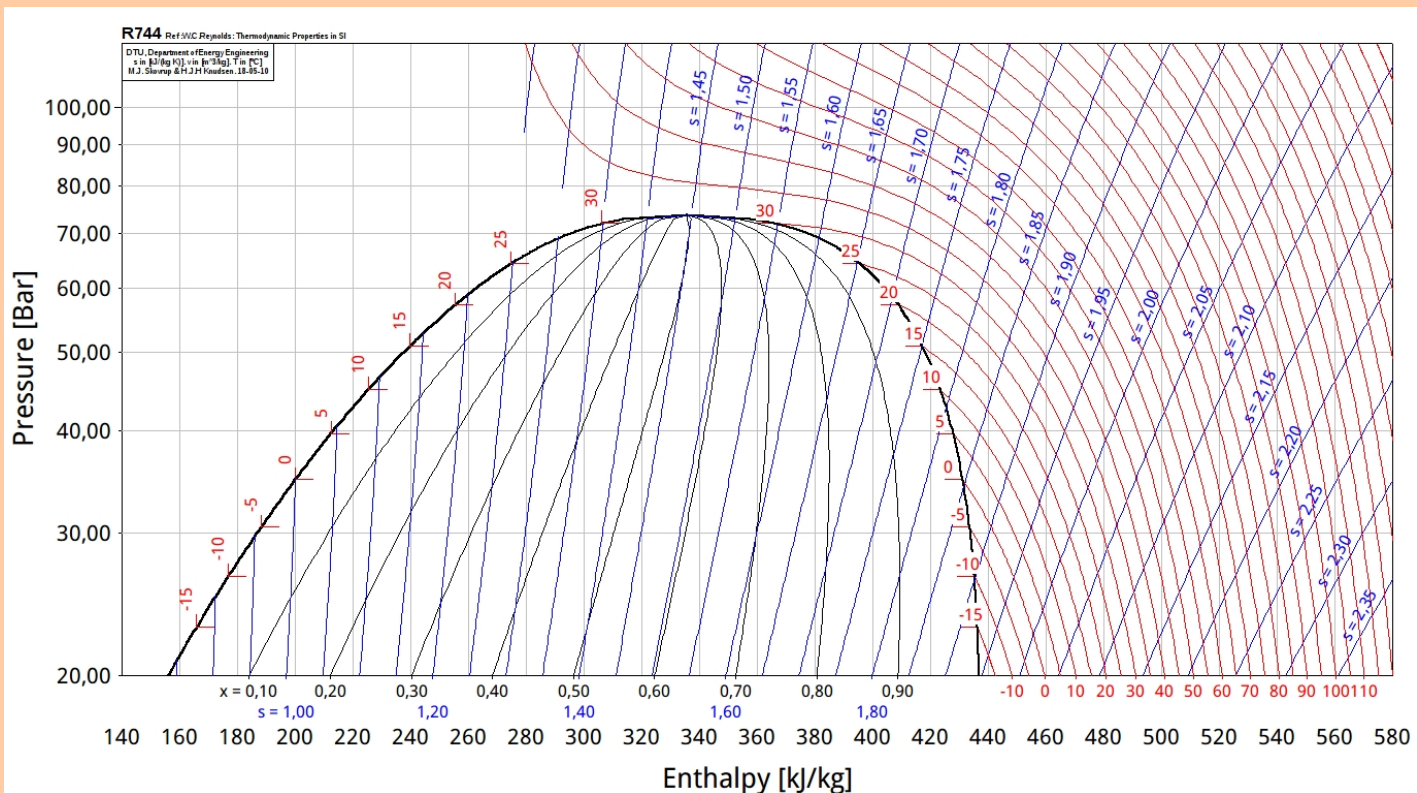
1. Déterminer en fonction de  $M_{\text{air}}, g, R, T_0$  et  $\alpha$  l'expression de  $\beta$  telle que le champ de pression atmosphérique s'écrive

$$P(z) = P_0(1 - \alpha z)^\beta \quad \text{avec} \quad P_0 = P(z = 0) = 1,0 \text{ bar}$$

2. En déduire l'évolution de la masse volumique  $\rho_{\text{air}}(z)$  de l'air avec l'altitude  $z$ .
3. Déterminer la masse d'hélium restant dans le ballon  $m_{\text{He}}(z)$  en fonction de l'altitude  $z$  et des grandeurs du problème en justifiant.
4. En déduire la masse maximale  $m_{\text{max}}(z)$  que le ballon peut transporter à l'altitude  $z$  en justifiant.
5. Calculer numériquement cette masse  $m_{\text{max}}$  au niveau du sol et à l'altitude  $H = 10,0 \text{ km}$ .

## Exercice 2 : le CO<sub>2</sub> comme fluide frigorigène (37 points)

Le CO<sub>2</sub> est de plus en plus utilisé comme fluide frigorigène (制冷的, fluide permettant de “produire du froid”) car il est considéré comme un fluide écologique (环保的). Le diagramme des frigorisites du CO<sub>2</sub> est représenté ci-dessous. Les courbes isentropiques sont en bleu ( $s$  est indiquée en  $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ), les isothermes en rouge (la température est indiquée en  $^\circ\text{C}$ ) et les isotitres (le long desquelles les fractions massiques des phases liquide et vapeur sont constantes) en noir sous la courbe de saturation.



On s'intéresse à un cycle frigorifique parcouru par du  $\text{CO}_2$  selon les étapes suivantes :

- (1)→ (2) : compression adiabatique réversible d'un état (1) ( $P_1 = 35$  bar, vapeur tout juste "saturante", c'est à dire avec une seule goutte de liquide) jusqu'à  $P_2 = 90$  bar ;
- (2)→ (3) : refroidissement isobare jusqu'à  $T_3 = 40$  °C ;
- (3)→ (4) : détente adiabatique jusqu'à la pression  $P_4 = P_1$  ;
- (4)→ (1) : transformation isobare jusqu'à retrouver l'état de départ.

Le  $\text{CO}_2$  reçoit un travail massique indiqué (c'est à dire fourni par des parties mobiles de la machine) uniquement (仅仅) durant la transformation (1)→ (2), noté  $w_{\text{compr}}$ . De plus, le transfert thermique échangé avec la source chaude est gratuit.

1. Reproduire le diagramme en ne dessinant que la courbe de saturation, puis indiquer les domaines correspondant à chaque phase du  $\text{CO}_2$ . Sous quelle forme se trouve le  $\text{CO}_2$  pour  $T > 30$  °C et  $P > 72,9$  atm ?
2. Reproduire le diagramme en ne dessinant que la courbe de saturation, puis dessiner le cycle en justifiant pour chaque transformation. Donner les valeurs numériques des coordonnées des points associés aux états (1), (2), (3) et (4).
3. Calculer le transfert thermique massique  $q_f$  échangé avec la source froide en justifiant.
4. Calculer l'efficacité  $e$  du cycle. Comment l'améliorer ?

# Partie Chimie : Molécules et Cristaux (*33 points*)

## Données :

- Numéro atomique  $Z(\text{O}) = 8$ ,  $Z(\text{Cr}) = 24$ ,  $Z(\text{Pt}) = 78$ .
- Paramètre de la maille du platine :  $a = 390 \text{ pm}$ .
- Masse molaire du platine  $M(\text{Pt}) = 195,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- Nombre d'Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

## Exercice 1 : le chrome (*15 points*)

Le chrome (Cr, 铬) a pour numéro atomique  $Z = 24$ .

1. Donner la configuration électronique du chrome Cr dans son état fondamental. Indiquer le nombre d'électrons de valence du chrome.

Le chrome est susceptible de donner des ions chromate  $\text{CrO}_4^{2-}$  et dichromate  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .

2. Donner un schéma de Lewis de l'ion chromate  $\text{CrO}_4^{2-}$ , sachant que tous les atomes d'oxygène sont liés à l'atome de chrome.
3. Dans l'ion chromate  $\text{CrO}_4^{2-}$ , les liaisons Cr – O ont la même longueur. Proposer une explication.
4. Quelle est la géométrie prévue par la méthode VSEPR pour cet édifice ? Indiquer la valeur de l'angle  $\widehat{\text{OCrO}}$ .
5. Écrire un schéma de Lewis de l'ion dichromate  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  en admettant une structure Cr – O – Cr.

## Exercice 2 : le platine (*18 points*)

Le platine (Pt, 铂) cristallise dans un réseau cubique à faces centrées CFC.

1. Indiquer le nombre d'atomes  $P$  par maille. Déterminer la coordinence  $N$  des atomes de platine.
2. On suppose que les atomes de platine sont des sphères rigides identiques, et que la structure est compacte, calculer le rayon  $R$  de l'atome de platine.
3. Calculer la compacité  $C$  de cette structure. Commenter.
4. Déterminer la masse volumique  $\rho$  du platine.

Une impureté, notée  $X$ , vient se glisser dans les sites tétraédriques du réseau.

5. Indiquer le nombre de ces sites dans la maille du platine. Dédire la formule chimique  $\text{Pt}_m\text{X}_n$  du composé obtenu dans le cas où tous les sites sont occupés.
6. Calculer le rayon maximum  $R_X$  des atomes d'impureté susceptibles d'occuper ces sites.