

ER41 : Physique pour l'énergie - Final Printemps 2013
--

Durée : 2h. Documents papiers et électroniques non autorisés, Les réponses se feront sur le sujet. Calculatrices autorisées.

NOM :

Signature :

PRENOM :

1 Centrale nucléaire

Une centrale nucléaire fournissant une puissance de 1000 MW est installée au bord d'un fleuve dont la température est 300 K et le débit $400\text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. La température de la source chaude est 700 K . En admettant que le rendement soit seulement 60 % du rendement de Carnot, quelle est l'élévation de température du fleuve qui résulte du fonctionnement ?

Rappels : Le rendement de Carnot est donné par $\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c}$. La capacité calorifique massique de l'eau est $4,18\text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Réponse :

2 Chauffage d'un appartement

On veut maintenir dans un appartement une température $T_1 = 290K$ grâce à une pompe à chaleur utilisant comme source froide un lac de température $T_2 = 280K$. La température extérieure est uniformément égale à T_2 . Le maintien de T_1 constante nécessite de compenser juste les pertes de chaleur.

2.1 Evaluation des pertes

Pour évaluer les pertes, on arrête le chauffage alors que la température intérieure est initialement T_1 . Au bout de 2 h, la température n'est plus que $285K$. En admettant que la quantité de chaleur perdue pendant un temps dt est de la forme : $\delta Q = AC_p \cdot (T - T_2)dt$, où $C_p = 107J \cdot K^{-1}$ est la capacité calorifique de l'appartement, calculer la constante de proportionnalité A. On considèrera que la transformation est isobare.

Réponse :

2.2 Puissance calorifique nécessaire

Calculer la puissance calorifique nécessaire pour maintenir la température de l'appartement à T_1

Réponse :

2.3 COP Théorique

Calculer le COP théorique correspondant à une machine cyclique bitherme idéale. (Ceci correspond au cycle de Carnot) **Réponse :**

2.4 Puissance de la machine

Sachant que le COP réel de la machine n'est que 40 % de ce COP théorique, quelle puissance faut-il fournir pour maintenir une température T_1 constante dans l'appartement ? **Réponse :**

3 Bientôt les vacances

Certaines douches solaires sont constituées d'un sac plastique noir dans lequel on place de l'eau et que l'on expose au Soleil. Identifier le mode de transfert thermique :

- a du Soleil vers le sac plastique ;
- b du sac plastique vers l'eau qu'il contient ;
- c dans l'eau contenue dans le sac plastique.

Réponse :

4 Transfert d'énergie thermique

La fenêtre d'une chambre est constituée d'un simple vitrage. La température de la chambre est $T_i = 19^\circ C$ et la température extérieure $T_e = -1^\circ C$. Ces températures sont considérées constantes. Données : La résistance thermique de cette vitre est : $R = 5,0 \cdot 10^{-3} K \cdot W^{-1}$.

1 Schématiser la situation en précisant le sens du transfert thermique à travers la vitre.

Réponse :

2 Calculer la valeur du flux thermique à travers la vitre.

Réponse :

3 Quelle est l'énergie thermique transférée en 1,25 h ?

Réponse :

5 Moteur à explosion

Le fonctionnement du moteur à explosion peut-être modélisé par le cycle théorique de Beau de Rochas. Ce cycle représenté dans un diagramme de Clapeyron, peut se décomposer en quatre temps :

- le premier temps, est une compression adiabatique réversible AB du mélange combustible avec un rapport volumique $a = V_A/V_B$
- le deuxième temps est une compression isochore BC, résultant de la combustion du mélange.
- le troisième temps est une détente adiabatique réversible selon CD. En D, le piston est au point mort bas : $V_D = V_A$.
- le quatrième temps est un refroidissement isochore DA.

La quantité de carburant injecté étant peu importante par rapport à celle de l'air aspiré, on la négligera devant cette dernière. Le cycle est étudié pour une mole d'air assimilé à un gaz parfait.

1 Faire le diagramme de Clapeyron du cycle.

Réponse :

2 Déterminer la valeur des volumes V_A et V_B aux points A et B.

Réponse :

3 Calculer la pression P_B et la température T_B au point B

Réponse :

4 Exprimer, en fonction des températures aux extrémités du cycle, les quantités de chaleur algébriques Q_{AB} , Q_{BC} , Q_{CD} , Q_{DA} , échangées avec le milieu extérieur au cours de chacune des quatre

phases. Calculer leurs valeurs numériques. En déduire par application du Premier Principe, la valeur algébrique W du travail fourni à l'air au cours du cycle.

Réponse :

5 Le rendement du cycle s'exprime par : $\eta = -\frac{W}{Q_{BC}}$. Calculer sa valeur numérique.

Réponse :

Données :

Constante des gaz parfaits :	$R = 8,32 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$	
Capacité Thermique molaire de l'air à pression constante :	$C_p = 29 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$	
Capacité thermique molaire de l'air à volume constant :	C_v	
Valeur du rapport $\gamma = C_p/C_v$	$\gamma = 1,40$	
Valeur du rapport volumique $a = V_A/V_B$	$a = 7$	
Valeurs de la pression , et de la température aux extrémités du cycle :		
$P_A = 10^5 \text{ Pa}$	$P_C = 62. 10^5 \text{ Pa}$	$P_D = 4,08. 10^5 \text{ Pa}$
$T_A = 300 \text{ K}$	$T_C = 2,65. 10^3 \text{ K}$	$T_D = 1,21. 10^3 \text{ K}$