

Nom

SOLUTIONS

Numéro d'étudiant

Professeur

Marc de Montigny

Date

Jeudi 19 octobre 2017, de 14h30 à 15h50

Local

366

Instructions

- Ce cahier contient 6 pages. Écrivez-y directement vos réponses. Vous pouvez utiliser le verso pour vos calculs. **Je ne le corrigerai pas sauf si vous m'indiquez de le faire.**
- L'examen contient **25 points** et vaut **25%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **7 questions**. Vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale est erronée.
- Examen à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille recto-verso) que vous aurez complété et imprimé.
- Matériel permis: aide-mémoire, crayon ou stylo, calculatrice. Tout autre appareil électronique ou moyen de communication est interdit. Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

**Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas à
me demander de clarifier!**

Question 1. Chaleur libérée dans une réaction chimique [3 points]

La combustion du propane C_3H_8 nécessite de l'oxygène et produit du dioxyde de carbone et de l'eau liquide, tel que décrit par l'équation (non équilibrée): $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$. Seule l'eau est liquide et les autres éléments sont gazeux. Équilibrez l'équation de cette réaction et, à l'aide de la table d'enthalpies ci-dessous, calculez la chaleur libérée lors de cette réaction pour une mole de propane.

TABLE 5.3 Standard Enthalpies of Formation, ΔH_f° , at 298 K

Substance	Formula	ΔH_f° (kJ/mol)	Substance	Formula	ΔH_f° (kJ/mol)
Acetylene	$C_2H_2(g)$	226.7	Hydrogen chloride	$HCl(g)$	-92.30
Ammonia	$NH_3(g)$	-46.19	Hydrogen fluoride	$HF(g)$	-268.6
Benzene	$C_6H_6(l)$	49.0	Hydrogen iodide	$HI(g)$	25.9
Calcium carbonate	$CaCO_3(s)$	-1207.1	Methane	$CH_4(g)$	-74.8
Calcium oxide	$CaO(s)$	-635.5	Methanol	$CH_3OH(l)$	-238.6
Carbon dioxide	$CO_2(g)$	-393.5	Propane	$C_3H_8(g)$	-103.85
Carbon monoxide	$CO(g)$	-110.5	Silver chloride	$AgCl(s)$	-127.0
Diamond	$C(s)$	1.88	Sodium bicarbonate	$NaHCO_3(s)$	-947.7
Ethane	$C_2H_6(g)$	-84.68	Sodium carbonate	$Na_2CO_3(s)$	-1130.9
Ethanol	$C_2H_5OH(l)$	-277.7	Sodium chloride	$NaCl(s)$	-410.9
Ethylene	$C_2H_4(g)$	52.30	Sucrose	$C_{12}H_{22}O_{11}(s)$	-2221
Glucose	$C_6H_{12}O_6(s)$	-1273	Water	$H_2O(l)$	-285.8
Hydrogen bromide	$HBr(g)$	-36.23	Water vapor	$H_2O(g)$	-241.8

$O_2(g)$ 0
 $H_2(g)$ 0

Solution

L'équation équilibrée est $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$, de sorte qu'en utilisant les valeurs de la table, on voit que la chaleur libérée est donnée par

$$3(-393.5) + 4(-285.8) - (-103.85) = -2219.85 \text{ kJ/mole}$$

et comme cette réaction correspond à une mole de C_3H_8 , la chaleur libérée par cette réaction est donc 2220 kJ par mole de propane.

Question 2. Modèle de croissance exponentielle [2 points]

Sachant que la population de l'Alberta valait 3 004 200 en 2000 et 4 252 880 en 2016, utilisez le modèle exponentiel pour prédire la population en 2020.

Solution

Avec $t = 0$ en 2000 on a $t = 16$ en 2016. De la relation $N(t) = N_0 \exp kt$, on obtient $k = \frac{1}{t} \ln \frac{N(t)}{N_0} = \frac{1}{16} \ln \frac{4252880}{3004200} = 0.021724 \text{ année}^{-1}$. Pour l'année 2020, nous calculons donc $N(20) = 3004200 \exp(0.021724 \times 20) = \span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4 638 970$

suite à la page suivante...

Question 3. Modèle de Hubbert [5 points]

À la fin 2005, la production cumulative mondiale de gaz naturel était de 3850 EJ alors que la ressource restante au même moment était estimée à 6000 EJ. Si le taux annuel de production en 2005 était $N = 105$ EJ/an, utilisez le modèle de Hubbert pour prédire l'année du pic de production. (Une table de l'intégrale de la fonction gaussienne en fonction de z se trouve à la page suivante.)

Solution

La ressource totale vaut $Q_\infty = 3850 + 6000 = 9850$ EJ, de sorte que la fraction déjà consommée vaut $\frac{3850}{9850} = 0.391$ ou 39.1%. Ceci est plus petit que 50% de sorte que le pic est après 2005: $T_M = t + z\sigma = 2005 + z\sigma$. Avec la table de la page suivante, où on cherche la valeur de z pour laquelle le pourcentage de l'aire centrale vaut $1 - 2(0.391) = 0.218$, on voit que $z \approx 0.28$.

Le modèle de Hubbert est donné par $N(t) = N_M \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)$ avec $Q_\infty = \sqrt{2\pi}\sigma N_M$, qui donnent $\sigma = \frac{Q_\infty}{\sqrt{2\pi}N} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) = \frac{9850}{\sqrt{2\pi}(105)} \exp\left(-\frac{0.28^2}{2}\right) = 36.0$ années.

Par conséquent, le pic est atteint à $T_M = t + z\sigma = 2005 + (0.28)(36) = \boxed{2015}$

Question 4. Modèle de croissance logistique [4 points]

Considérez la population de cerfs de Virginie dans l'état du Kentucky, dont la population était estimée à 900 000 au début septembre 2004. On suppose que leur population est décrite par une courbe logistique avec un taux de croissance $r = 0.2311$ année⁻¹, et une capacité Q_∞ donnée par une superficie de 39 732 milles carrés avec en moyenne 27 cerfs par mille carré.



- (a) Quelle est la capacité Q_∞ ?
- (b) En choisissant $t = 0$ au début septembre 2004, à quel moment t^* la population $Q(t^*)$ valait-elle la moitié de la capacité?

Solutions

(a) $Q_\infty = (39\,732 \text{ milles carrés}) \times (27 \text{ cerfs par mille carré}) = \boxed{1\,072\,764 \text{ cerfs}}$.

(b) En isolant t^* dans

$$Q(t) = \frac{Q_\infty}{1 + \exp[-r(t - t^*)]},$$

on obtient

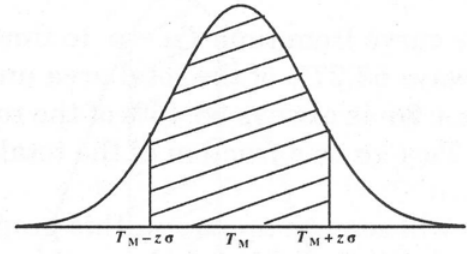
$$t^* = \frac{1}{r} \ln \frac{Q_\infty - Q_0}{Q_0} = \frac{1}{0.2311} \ln \frac{1072764 - 900000}{900000} = -7.14 \text{ ans}$$

Comme 0.14 année vaut environ 1 mois et 3 semaines, on peut répondre $\boxed{7.14 \text{ années avant septembre 2004}}$ ou $\boxed{\text{en juillet 1997}}$.

suite à la page suivante...

Table 3-1
Integral of the Gaussian Function vs. z

This table gives the integral of the Gaussian function from $T_M - z\sigma$ to $T_M + z\sigma$, shown as the shaded area to the right, as a decimal fraction of the total area under the function.



z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.0	.0080	.0160	.0239	.0319	.0399	.0478	.0558	.0638	.0717
0.1	.0797	.0876	.0955	.1034	.1113	.1192	.1271	.1350	.1428	.1507
0.2	.1585	.1663	.1741	.1819	.1897	.1974	.2051	.2128	.2205	.2282
0.3	.2358	.2434	.2510	.2586	.2661	.2737	.2812	.2886	.2961	.3035
0.4	.3108	.3182	.3255	.3328	.3401	.3473	.3545	.3616	.3688	.3759
0.5	.3829	.3899	.3969	.4039	.4108	.4177	.4245	.4313	.4381	.4448
0.6	.4515	.4581	.4647	.4713	.4778	.4843	.4907	.4971	.5035	.5098
0.7	.5161	.5223	.5285	.5346	.5407	.5467	.5527	.5587	.5646	.5705
0.8	.5763	.5821	.5878	.5935	.5991	.6047	.6102	.6157	.6211	.6265
0.9	.6319	.6372	.6424	.6476	.6528	.6579	.6629	.6680	.6729	.6778
1.0	.6827	.6875	.6923	.6970	.7017	.7063	.7109	.7154	.7199	.7243
1.1	.7287	.7330	.7373	.7415	.7457	.7499	.7540	.7580	.7620	.7660
1.2	.7699	.7737	.7775	.7813	.7850	.7887	.7923	.7959	.7995	.8029
1.3	.8064	.8098	.8132	.8165	.8198	.8230	.8262	.8293	.8324	.8355
1.4	.8385	.8415	.8444	.8473	.8501	.8529	.8557	.8584	.8611	.8638
1.5	.8664	.8690	.8715	.8740	.8764	.8789	.8812	.8836	.8859	.8882
1.6	.8904	.8926	.8948	.8969	.8990	.9011	.9031	.9051	.9070	.9090
1.7	.9109	.9127	.9146	.9164	.9181	.9199	.9216	.9233	.9249	.9265
1.8	.9281	.9297	.9312	.9327	.9342	.9357	.9371	.9385	.9399	.9412
1.9	.9426	.9439	.9451	.9464	.9476	.9488	.9500	.9512	.9523	.9534
2.0	.9545	.9556	.9566	.9576	.9586	.9596	.9606	.9615	.9625	.9634
2.1	.9643	.9651	.9660	.9668	.9676	.9684	.9692	.9700	.9707	.9715
2.2	.9722	.9729	.9736	.9743	.9749	.9756	.9762	.9768	.9774	.9780
2.3	.9786	.9791	.9797	.9802	.9807	.9812	.9817	.9822	.9827	.9832
2.4	.9836	.9840	.9845	.9849	.9853	.9857	.9861	.9865	.9869	.9872
2.5	.9876	.9879	.9883	.9886	.9889	.9892	.9895	.9898	.9901	.9904
2.6	.9907	.9909	.9912	.9915	.9917	.9920	.9922	.9924	.9926	.9929
2.7	.9931	.9933	.9935	.9937	.9939	.9940	.9942	.9944	.9946	.9947
2.8	.9949	.9950	.9952	.9953	.9955	.9956	.9958	.9959	.9960	.9961
2.9	.9963	.9964	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972
3.0	.9973									
3.5	.9995									
4.0	.9999									

suite à la page suivante...

Question 5. Calorimétrie [4 points]

On plonge un bloc de 2.556 kg fait d'un certain matériau à 20.0°C dans un contenant rempli de 1.550 kg d'eau à 10.0°C. Si la température à l'équilibre vaut 11.5°C, quel est ce matériau? Une table de chaleurs spécifiques est à la dernière page de cet examen.

Solution

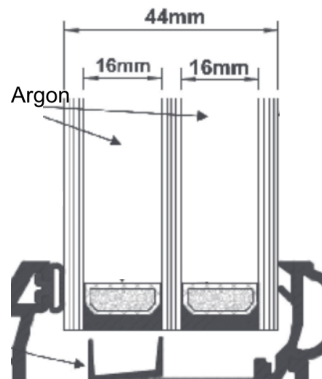
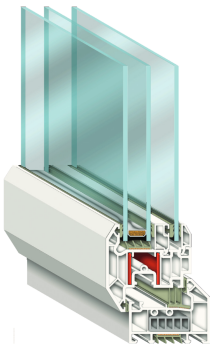
Comme le matériau est initialement plus chaud, la chaleur ira de celui-ci vers l'eau, donc $Q_M < 0$ et $Q_E > 0$, et on écrit la relation $Q_M + Q_E = 0$, en utilisant $Q = cm\Delta T$, sous la forme: $c_M m_M (T - T_M) + c_E m_E (T - T_E) = 0$, qui donne

$$c_M = \frac{m_E c_E}{m_M} \frac{T - T_E}{T_M - T} = \frac{1.550 \times 4186}{2.556} \frac{11.5 - 10.0}{20.0 - 11.5} = 448 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

qui, d'après la table à la fin, implique que le matériau est du fer.

Question 6. Transfert de chaleur et conduction [3 points]

La figure de gauche illustre une fenêtre à triple vitrage (en anglais, *triple glazed window*). Ses dimensions latérales sont montrées à droite. Elle est constituée de trois couches de fibre de verre (conductivité thermique $k_{FV} = 4.0 \times 10^{-2} \text{ W/m}\cdot\text{K}$) d'épaisseurs égales que vous pouvez déduire de la figure de droite, et séparées chacune de deux couches d'argon (avec $k_{Ar} = 2.4 \times 10^{-2} \text{ W/m}\cdot\text{K}$).



- (a) Quelle est la chaleur transmise au travers cette fenêtre par seconde par m^2 et par degré ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)? C'est ce qu'on appelle *facteur U* de la fenêtre.
- (b) Quelle est la chaleur perdue, en joules, au travers une fenêtre de 80 cm par 40 cm pendant une heure, s'il fait 20°C à l'intérieur et -25°C à l'extérieur?

Solution

(a) Chaque couche d'argon a une épaisseur de 16 mm et les *trois* couches de fibre de verre ont une épaisseur totale de $44 - 2 \times 16 = 12$ mm, donc 4 mm pour chaque couche. De $\frac{Q}{t} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{A \Delta T}{R}$, on trouve $\frac{Q}{t \Delta T A} = \frac{k}{\Delta x} = \frac{1}{R_{total}}$ avec dans le cas présent $R_{total} = 2R_{Ar} + 3R_{FV}$. On a $R_{Ar} = \frac{\Delta x}{k} = \left(\frac{0.016}{0.024}\right) = 0.667$ et $R_{FV} = \left(\frac{0.004}{0.04}\right) = 0.10$ de sorte que $R_{total} = 1.633$, de sorte que $\frac{Q}{t \Delta T A} = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{1.633} = 0.6122 = \boxed{0.61 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}}$

(b) $Q = (0.6122) A t \Delta T = (0.6122)(0.80 \times 0.40)(3600)(45) = 3.174 \times 10^4 = \boxed{32 \text{ kJ}}$

suite à la page suivante...

Question 7. Réfrigérateur [4 points]

Un réfrigérateur dont le coefficient de performance (CoP) vaut 3.0 nécessite un travail (sous forme d'énergie électrique) de 120 kJ pour produire une certaine masse m de glace à -8.0°C à partir d'eau à $+22^\circ\text{C}$. Quelle masse m de glace est ainsi produite? (La chaleur latente de fusion de l'eau vaut $L_f = 3.35 \times 10^5 \text{ J/jg}$. Les autres chaleurs spécifiques sont dans la table ci-dessous.)

Solution

Pour un réfrigérateur, on a $\text{CoP} = \frac{Q_c}{W}$, et la chaleur Q_c retirée de l'eau pour (1) la refroidir de $+22^\circ\text{C}$ à 0.0°C , (2) la geler, (3) et refroidir la glace de 0.0°C à -8.0°C , est donnée par

$$Q_c = mc_{\text{eau}}\Delta T_1 + mL_f + mc_{\text{glace}}\Delta T_2 = m(c_{\text{eau}}\Delta T_1 + L_f + c_{\text{glace}}\Delta T_2)$$

de sorte que la masse m est donnée par

$$m = \frac{W \times \text{CoP}}{c_{\text{eau}}\Delta T_1 + L_f + c_{\text{glace}}\Delta T_2} = \frac{1.2 \times 10^5 \times 3.0}{4186(22 - 0) + 3.35 \times 10^5 + 2090(0 - (-8))} = 0.81$$
$$= \boxed{0.81 \text{ kg ou } 810 \text{ g}}$$

Annexe

Table de chaleurs spécifiques

susbtance	c	$\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
eau liquide	4186	
glace	2090	
vapeur d'eau	2010	
béryllium	1820	
air	1004	
aluminium	900	
verre	837	
silicium	703	
fer	448	
cuiivre	387	
argent	234	
or	129	
plomb	128	

Bonne chance!