Faculté Saint-Jean **Automne 2019**
PHYSQ 261 LEC A1 - Physique de l'énergie et de l'environnement
Examen partiel 1

Nom	SOLUTIONS
Numéro d'étudiant	____
Professeur	Marc de Montigny
Date	Jeudi 17 octobre 2019, de 14h30 à 15h50
Local	366

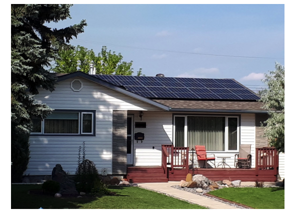
Instructions

- Ce cahier contient **7 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 **15 points** et vaut **15%** 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 (programmable ou graphique permise aussi). 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. Énergie et ses unités [1.5 point]

Le 19 septembre 2019, les panneaux solaires d'un professeur de physique ont généré 18.9 kW·h d'énergie électrique.
(a) Combien d'énergie électrique fut produite, en Btu (Rappel: 1 Btu = 1055 J)?
(b) En supposant qu'il y avait du soleil entre 7 h et 18 h, quelle était la puissance moyenne produite, en watts?



Solutions

(a) $18.9\ \text{kW}\cdot\text{h} \times \frac{10^3\ \text{J/s}}{1\ \text{kW}} \times \frac{3600\ \text{s}}{\text{h}} \times \frac{1\ \text{Btu}}{1055\ \text{J}} = \boxed{6.45 \times 10^4\ \text{Btu}}$
(b) $t = 18 - 7 = 11$ donne $P = \frac{E}{t} = \frac{18.9\ \text{kW}\cdot\text{h}}{11\ \text{h}} = \boxed{1720\ \text{W}}$ (Par comparaison, cette journée on a eu $P_{\text{max}} = 3300$ watts)

Question 2. Chaleur libérée par la combustion de l'octane [2.0 points]

La combustion de l'octane C_8H_{18} nécessite de l'oxygène (O_2) et produit de l'eau liquide et du dioxyde de carbone, tel que décrit par l'équation non équilibrée: $C_8H_{18} + O_2 \rightarrow H_2O + CO_2$. Seule l'eau est liquide et les autres éléments sont gazeux. Équilibrez l'équation et, à l'aide de la table des enthalpies ci-dessous, calculez la chaleur libérée lors de cette réaction pour *une mole* d'octane. Pour l'octane, prenez l'enthalpie $H = -250$ kJ/mole.

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

Équation équilibrée: $2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 18H_2O + 16CO_2$. De la table, la chaleur libérée est $18(-285.8) + 16(-393.5) - 2(-250) = -10940.4$ kJ/mole pour DEUX moles d'octane, donc, la chaleur libérée vaut $\boxed{\text{5470 kJ par mole d'octane.}}$

suite à la page suivante...

Question 3. Modèle de croissance logistique et population du Canada [2.5 points]

Supposez que la population du Canada suive une courbe logistique qui se stabilisera à $Q_\infty = 100$ millions. En août 2019, sa population était évaluée à $Q_0 = 37\,309\,000$ personnes. Si on suppose un taux initial instantané de 1.2% en 2019 (donc $R_0 = 0.012$), en quelle année la population atteindra-t-elle (a) 50 millions? (b) 80 millions? (Rappel: le taux de croissance r est donné par $r = R_0\left(1 - \frac{Q_0}{Q_\infty}\right)^{-1}$.)

$\boxed{\text{Solution}}$

Le taux instantané $R_0 = 0.012$ avec $Q_0 = 37309000$ à $t = 0$ en 2019 et $Q_\infty = 10^8$, nous donne $r = R_0\left(1 - \frac{Q_0}{Q_\infty}\right)^{-1} = 0.01914$ par année. En isolant t de $Q = \frac{Q_0 Q_\infty}{Q_0 + e^{-rt}(Q_\infty - Q_0)}$ on obtient

$$t = -\frac{1}{r}\ln\left[\frac{Q_0}{Q_\infty - Q_0}\left(\frac{Q_\infty}{Q} - 1\right)\right] = -\frac{1}{0.01914}\ln\left[\frac{37.309}{100 - 37.309}\left(\frac{100}{Q} - 1\right)\right],$$

où Q est la population en millions de personnes.
(a) Avec $Q = 50$ on trouve $t = 27.4$ donc en $\boxed{2046}$
(a) Avec $Q = 80$ on trouve $t = 99.8$ donc $\boxed{2119}$

suite à la page suivante...

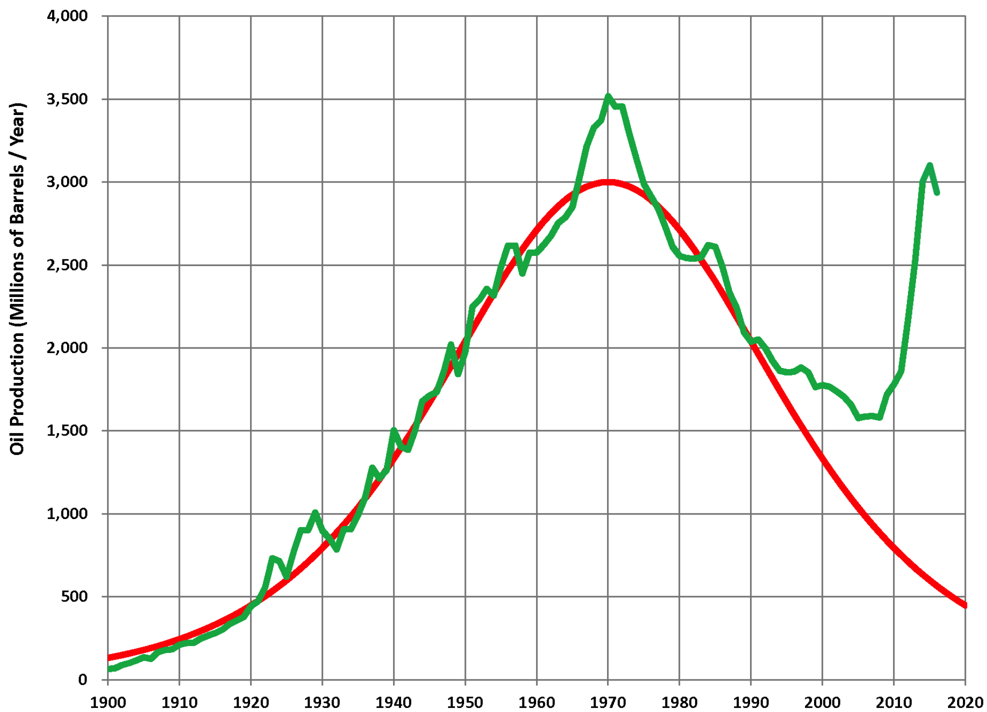
Question 4. Loi de Hubbert [2.5 points]

En 1956, King Hubbert a publié un article sur l'évolution de la production de pétrole aux USA. Une version plus claire de ses données est montrée par la courbe lisse ci-dessous. Il estimait une production totale égale à $Q_\infty = 200$ milliards de barils de pétrole.

(a) D'après la figure, quelle était approximativement l'année du pic, T_M?

(b) Toujours d'après la figure, quel est approximativement le pic de production, N_M?

(c) Calculez la valeur de σ et le pourcentage de Q_∞ qui restera, selon ce modèle, en 2020. (Tableau à la page 5.)



Solutions

(a) $\boxed{T_M \approx 1970}$

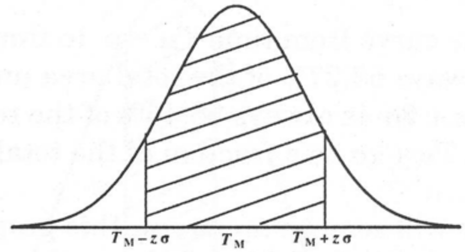
(b) $\boxed{\text{3 milliards de barils par année}}$

(c) $\sigma = \frac{Q_\infty}{\sqrt{2\pi}N_M} = \frac{200\times10^9}{\sqrt{2\pi}3\times10^9} = \boxed{26.6 \text{ ans}}$. En 2020, $z = \frac{|T_m - t|}{\sigma} = \frac{2020-1970}{26.6} = 1.88$. Selon le tableau de la page suivante, le pourcentage du centre vaut 93.99, qui laisse 6% de chaque côté, donc, en 2020 il restera $\boxed{3\%}$

tableau 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.

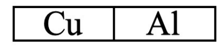


z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.0	.0080	.0160	.0239	.0319	.0399	.0478	.0558	.0638	.0717
0.1	.0797	.0876	.0955	.1034	.1113	.1192	.1271	.1350	.1428	.1507
0.2	.1585	.1663	.1741	.1819	.1897	.1974	.2051	.2128	.2205	.2282
0.3	.2358	.2434	.2510	.2586	.2661	.2737	.2812	.2886	.2961	.3035
0.4	.3108	.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. Transfert de chaleur et conduction [2.0 points]

Deux tiges de cuivre et d'aluminium, chacune de longueur 50.0 cm et de rayon 1.00 cm, sont placées bout à bout (voir figure). Les faces latérales des tiges sont isolées, de sorte que la chaleur est transmise seulement le long de leur axe (horizontal). On donne les conductivités thermiques $k_{\mathrm{Cu}} = 395$ W/m·K et $k_{\mathrm{Al}} = 217$ W/m·K. L'extrémité gauche du cuivre est à 80 °C et l'extrémité droite de l'aluminium est à 10 °C. À quel taux la chaleur est-elle conduite dans ces tiges?



Solution

On utilise $\frac{Q}{t} = \frac{A\Delta T}{R}$ et $R_{\mathrm{Total}} = R_{\mathrm{Cu}} + R_{\mathrm{Al}}$ où $R = \frac{L}{k}$. On trouve $R_{\mathrm{Cu}} = \frac{0.5}{395} = 1.2658 \times 10^{-3}$ m^{2}K/W et $R_{\mathrm{Al}} = \frac{0.5}{217} = 2.3041 \times 10^{-3}$ m^{2}K/W d'où $R_{\mathrm{Total}} = 3.57 \times 10^{-3}$ m^{2}K/W. Le taux de transfert de chaleur vaut donc $\frac{Q}{t} = \frac{\pi(0.01)^2(80-10)}{3.57\times10^{-3}} = \boxed{6.16 \text{ W}}$

Question 6. Pompe à chaleur [2.0 points]

Une pompe à chaleur idéale chauffe l'intérieur d'une résidence à 23 °C en fournissant 3100 J de chaleur à l'intérieur et en effectuant un travail de 375 J.
(a) Combien de chaleur cette pompe retire-t-elle de l'extérieur pour chauffer l'intérieur?
(b) Quel est le coefficient de performance (CoP) de cette pompe à chaleur?
(c) Quelle est la température à l'extérieur de la résidence? (On suppose une pompe idéale.)

Solution

(a) $Q_c = Q_h - W = 3100 - 375 = \boxed{2725 \text{ J}}$
(b) CoP$= \frac{Q_h}{W} = \frac{3100}{375} = \boxed{8.3}$
(c) $T_c = T_h \frac{Q_c}{Q_h} = (23 + 273)\frac{2725}{3100} = 260 = \boxed{-13\ °\mathrm{C}}$

suite à la page suivante...

Question 7. Réfrigérateur [2.5 points]

Un réfrigérateur a un coefficient de performance (CoP) de 2.8 et nécessite un travail (c.-à-d. énergie électrique) de 105 kJ pour produire m kg de glace à $-10.0°$C à partir d'eau à $+25°$C. Quelle masse m de glace est ainsi produite? (La chaleur latente de fusion de l'eau vaut $L_f = 3.35 \times 10^5$ J/kg. Les autres chaleurs spécifiques sont dans la table ci-dessous.)

Solution

Pour un réfrigérateur, on a CoP$=\frac{Q_c}{W}$, et la chaleur Q_c retirée de l'eau pour (1) la refroidir de $+25°$C à $0.0°$C, (2) la geler, (3) et refroidir la glace de $0.0°$C à $-10.0°$C, est donnée par

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

de sorte que la masse m est donnée par

$$m = \frac{W \times \text{CoP}}{c_{eau}\Delta T_1 + L_f + c_{glace}\Delta T_2} = \frac{1.05 \times 10^5 \times 2.8}{4186(25-0) + 3.35 \times 10^5 + 2090(0-(-10))} = 0.638$$

$$= \boxed{0.638 \text{ kg ou } 638 \text{ g}}$$

Annexe

Table de chaleurs spécifiques

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

Bonne chance!