

Nom

SOLUTIONS

Numéro d'étudiant

Professeur

Marc de Montigny

Date

Jeudi 14 octobre 2021, 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 **15 points** et vaut **15%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **6 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. Frais d'énergie [2.0 points]

En août 2021, le gaz naturel coûtait 3.748783\$ par gigajoule (GJ= 10⁹ J) et l'électricité, 0.0699\$ par kWh à Edmonton. Pendant ce mois, un foyer a consommé 228 kWh d'électricité et 1.030 GJ de gaz naturel.

- (a) Combien l'énergie totale (électricité et gaz naturel) a-t-elle coûté?
 (b) Quelle fut la quantité totale d'énergie consommée en gigajoules?

Solutions

(a) Le coût a été : $228(0.0699) + 1.030(3.748783) = 19.80 \$$

(b) $1.030 \text{ GJ} + 228 \text{ kWh} \times \frac{1000 \text{ J/s}}{\text{kW}} \times \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} = 1.030 + 0.8208 = 1.8508 \text{ GJ}$

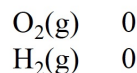
Question 2. Chaleur libérée par la combustion du glucose [2.0 points]

La combustion du glucose solide C₆H₁₂O₆, d'enthalpie de formation $\Delta H_f^0 = -1273.3 \text{ kJ/mol}$, nécessite de l'oxygène O₂(g) pour produire de l'eau liquide et du dioxyde de carbone (gazeux), tel que décrit par l'équation non-équilibrée: C₆H₁₂O₆+O₂(g)→ H₂O(l)+CO₂(g).

Équilibrez l'équation et, à l'aide du tableau ci-dessous, calculez la chaleur libérée lors de cette réaction par mole de glucose.

TABLE 5.3 Standard Enthalpies of Formation, ΔH_f^0 , at 298 K

Substance	Formula	ΔH_f^0 (kJ/mol)	Substance	Formula	ΔH_f^0 (kJ/mol)
Acetylene	C ₂ H ₂ (g)	226.7	Hydrogen chloride	HCl(g)	-92.30
Ammonia	NH ₃ (g)	-46.19	Hydrogen fluoride	HF(g)	-268.6
Benzene	C ₆ H 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 ₃ OH(l)	-238.6
Carbon dioxide	CO ₂ (g)	-393.5	Propane	C ₃ H 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 ₂ H ₆ (g)	-84.68	Sodium carbonate	Na ₂ CO ₃ (s)	-1130.9
Ethanol	C ₂ H ₅ OH(l)	-277.7	Sodium chloride	NaCl(s)	-410.9
Ethylene	C ₂ H ₄ (g)	52.30	Sucrose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (s)	-2221
Glucose	C ₆ H ₁₂ O ₆ (s)	-1273	Water	H ₂ O(l)	-285.8
Hydrogen bromide	HBr(g)	-36.23	Water vapor	H ₂ O(g)	-241.8



Solution

Équation équilibrée: C₆H₁₂O₆ + 6O₂ → 6H₂O+6CO₂. Du tableau, la chaleur libérée par mole de glucose est

$$6(-285.8) + 6(-393.5) - (-1273.3 + 0) = -2802.5 \text{ kJ/mole}$$

Question 3. Modèle exponentiel de croissance [2.5 points]

En 2005, les États-Unis ont produit $N_0 = 13$ exajoules (EJ= 10^{18} J) de combustible fossile au cours de l'année, alors que la quantité restante de la réserve était évaluée à $Q_T = 600$ EJ. En considérant un modèle exponentiel pour la croissance du taux de production, avec une constante de croissance $k = 0.055$ année⁻¹ (c.-à-d. 5.5% par année), combien d'années, à partir de 2005, durerait cette réserve de combustible fossile?

Solution

Si Q_T est la réserve restante, produite entre 2005 ($t = 0$) et le temps T , avec un taux de production $N(t) = N_0 e^{kt}$, on a (avec $k = 0.055$ an⁻¹)

$$Q_T = \frac{N_0}{k} (e^{kT} - 1) \longrightarrow T = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{kQ_T}{N_0} + 1 \right) = \frac{1}{0.055} \ln \left(\frac{(0.055)(600)}{13} + 1 \right) = \boxed{23 \text{ ans}}$$

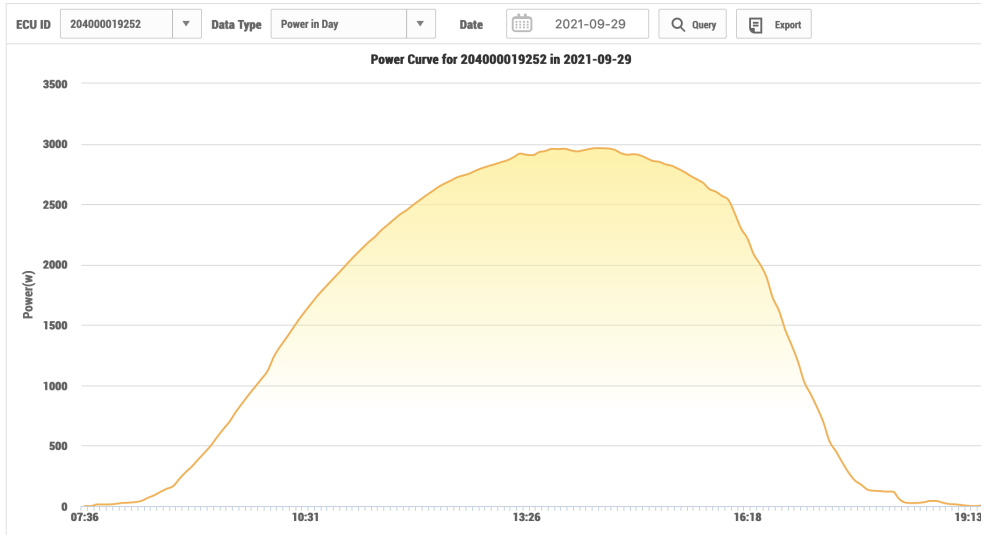
(Ce qui correspondrait à l'année 2028.)

suite en p.4...

Question 4. Courbe gaussienne et énergie solaire [3.0 points]

La courbe ci-dessous donne le taux de production d'énergie solaire, en watts, par les panneaux solaires d'un prof de physique, le 29 septembre 2021. Nous allons la modéliser par une fonction gaussienne, même si l'approximation n'est valide que pour la moitié gauche.

D'après la figure, on peut voir que le pic de production d'énergie solaire était environ à 14h30 et valait $N_M = 2965$ watts. L'énergie totale produite ce jour-là fut de $Q_\infty = 18.4$ kWh.



- (a) Quelle est la quantité totale d'énergie produite, Q_∞ , en joules?
- (b) Quelle est la valeur de σ ?
- (c) À quelle heure, 20% de l'énergie totale fut produite ce jour-là?
- (d) Quel pourcentage de l'énergie totale restait-il encore à produire après 17h30?

Solutions

(a) $Q_\infty = 18.4 \text{ kWh} = 18.4 \times 1000 \text{ J/s} \times 3600 \text{ s} = 6.624 \times 10^7 \text{ joules}$

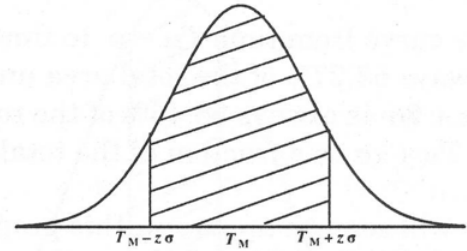
(b) $\sigma = \frac{Q_\infty}{\sqrt{2\pi}N_M} = \frac{6.624 \times 10^7}{\sqrt{2\pi}(2965)} = 8913 \text{ s ou } 149 \text{ min}$.

(c) Pour 20% produit, la partie centrale couvre 60% et, du tableau de la page suivante, correspond à $z = 0.842$. Comme on est à gauche du pic, on a $t < T_M$ de sorte que $z = \frac{T_M - t}{\sigma}$, qui donne $t = T_M - z\sigma = 14\text{h}30 - (0.842)(149 \text{ min}) = 14\text{h}30 - 125 \text{ min} = 12 \text{ h } 25$

(d) À 17h30, $z = \frac{|T_m - t|}{\sigma} = \frac{(17:30 - 14:30) \times 180}{149} = 1.21$. Selon le tableau de la page suivante, il y a 77.4% au centre, ce qui laisse 11.3% de chaque côté. À 17h30, il restait donc 11.3% d'énergie à produire

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 en p. 6...

Question 5. Efficacité d'une centrale nucléaire [2.5 points]

Une centrale nucléaire a un réacteur qui absorbe de la chaleur à un taux de 920 MW, produit 284 MW de puissance utile en activant un générateur, puis relâche de la chaleur dans un réservoir froid.

- (a) À quel taux, en MW, la chaleur est-elle relâchée?
 (b) Quelle est l'efficacité thermique η de cette centrale?
 (c) Si la température du réservoir froid, où est relâchée la chaleur, est à une température de 20°C , alors quelle sera la température T_h du réservoir chaud, en $^\circ\text{C}$, si on considère cette centrale nucléaire comme une machine thermique *idéale*? (Attention aux unités de température!)

Solutions

(a) $Q_c/t = Q_h/t - W/t = 920 - 284 = \boxed{636 \text{ MW}}$

(b) $\eta = \frac{W/t}{Q_h/t} = \frac{284}{920} = 0.30869 \approx \boxed{31\%}$

(c) Pour une machine idéale,

$$\frac{Q_h}{Q_c} = \frac{T_h}{T_c} \rightarrow T_h = \frac{Q_h}{Q_c} T_c = \frac{920}{636} (20 + 273) = 424\text{K} = \boxed{151^\circ\text{C}}$$

Question 6. Pompe à chaleur [3.0 points]

Une pompe à chaleur *idéale* maintient la température à l'intérieur d'une résidence à 21°C , alors qu'il fait -18°C à l'extérieur.

- (a) Si cette pompe retire de la chaleur de l'extérieur (c.-à-d. réservoir froid) à un taux $Q_c/t = 2.5 \text{ kW}$, alors à quel taux, Q_h/t , la chaleur est-elle fournie à l'intérieur de la résidence (réservoir chaud)?
 (b) Quelle puissance électrique, W/t , cette pompe à chaleur requiert-elle?
 (c) Quel est le COP de cette pompe à chaleur?

Solutions

(a) Pour une machine idéale,

$$\frac{Q_h}{Q_c} = \frac{T_h}{T_c} \rightarrow Q_h/t = \frac{T_h}{T_c} Q_c/t = \frac{21 + 273}{-18 + 273} (2500) = 2882 \approx \boxed{2.9 \text{ kW}}$$

(b) $W/t = Q_h/t - Q_c/t = 2882 - 2500 = 382 \approx \boxed{380 \text{ W}}$

(c) On calcule

$$\text{COP} = \frac{Q_h/t}{W/t} = \frac{2882}{382} \approx \boxed{7.5}$$

Bonne chance!