

PHYSQ 261 LEC A1 - Physique de l'énergie et de l'environnement
Examen partiel 1 - automne 2015

Nom _____ **SOLUTIONS** _____

Numéro d'étudiant.e _____

Professeur Marc de Montigny
Date Jeudi, 15 octobre 2015, de 14h30 à 15h50

Instructions

- Ce cahier contient **7 pages**. Écrivez-y directement vos réponses.
- 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 n'est pas correcte.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire que vous aurez imprimé et complété.
- Vous pouvez utiliser le verso des pages pour vos calculs. **Je ne le corrigerai pas**, sauf si vous m'indiquez de le faire.
- Matériel permis: crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Les assistants numériques (en anglais, *PDAs*) ou autres moyens de communication sont interdits. Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.

Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas à me le demander!

Question 1. [1.5 point] Modèle exponentiel. Selon Statistique Canada, le prix moyen de l'essence à Edmonton est passé de 52.1 cents/L en 1997 à 107.8 cents/L en 2011. Si on utilise le *modèle exponentiel*,

- A. quelle est la constante de croissance k en année⁻¹ ?
- B. Quel est le temps de doublement T_2 en années ?
- C. Selon ce modèle, quel sera le prix en 2027 ?

Solution

- A. Avec $t = 0$ en 1997, on a $t = 14$ années en 2011, de sorte que

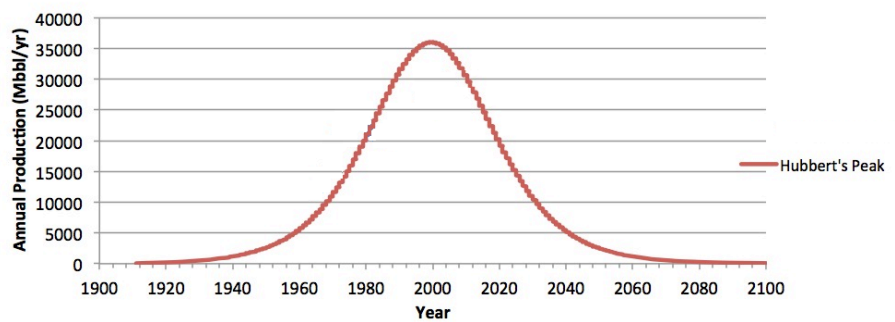
$$N(t) = N_0 e^{kt} \text{ donne } k = \frac{1}{t} \ln \frac{N(t)}{N_0} = \frac{1}{14} \ln \frac{107.8}{52.1} = 0.0519366 \text{ année}^{-1}$$

B. $T_2 = \frac{\ln 2}{k} = 13.3 \text{ années}$

C. En 2027, $N(30) = 52.1 e^{k(30)} = 247 \text{ cents/L}$

Question 2. [3.0 points] Modèle de Hubbert pour la production de pétrole. D'après la figure suivante, basée sur le modèle de Hubbert pour la production mondiale de pétrole,

- en quelle année T_M le pic de production a-t-il été atteint?
- Quelle était alors la production N_M en millions de barils par année (Mbbbl/yr)?
- Si le paramètre de déviation standard est $\sigma = 18$ années, quelle est la quantité de ressources totales Q_∞ en Mbbbl?
- En utilisant les formules de Hubbert et le tableau en p. 7, en quelle année restera-t-il 25% de la ressource?
- En utilisant les formules de Hubbert et le tableau en p. 7, quel pourcentage de la ressource restera-t-il en 2016?



Solutions

- $T_M = 2000$
- $N_M = 36000$ Mbbbl
- $Q_\infty = N_M \sigma \sqrt{2\pi} = (36000)(18)\sqrt{2\pi} = 1.62 \times 10^6$ Mbbbl ou 1620 Gbbbl
- S'il reste 25%, l'aire sous la courbe sera donc 50% de l'aire totale. Le tableau donne $z = 0.675$. C'est à droite du pic, donc $t = T_M + \sigma z = 2000 + (18)(0.675) = 2012$
- En 2016, on a $z = \frac{2016 - 2000}{18} = 0.8889$. Du tableau 3-1, ceci donne 0.6265, de sorte qu'il reste $(1 - 0.6265)/2 = 0.187 = 19\%$

Question 3. [3.0 points] Chaleur spécifique et chaleur latente. Cet exemple compare l'impact d'une brûlure par de la vapeur d'eau à une brûlure par de l'eau liquide à même température.

- A. Quelle est la chaleur libérée lorsque 15.0 g d'eau *liquide* à 100°C est refroidi à 50.0°C ? (Chaleur spécifique de l'eau : $c = 4186 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.)
- B. Quelle masse de chair humaine peut être chauffée de 37.0°C (température corporelle) à 50.0°C avec la chaleur calculée à la partie A? (Chaleur spécifique de la chair humaine : $c = 3500 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.)
- C. Quelle est la chaleur libérée lorsque 15.0 g de *vapeur* d'eau à 100°C est condensé puis refroidi à 50.0°C ? (Chaleur latente de l'eau : $L_v = 22.6 \times 10^5 \text{ J/kg}$ et chaleur spécifique donnée en A.)
- D. Quelle masse de chair humaine peut être chauffée de 37.0°C à 50.0°C avec la chaleur calculée à la partie C? (Chaleur spécifique donnée en B.)
- E. Qu'est-ce qui cause le plus de dommage: la vapeur d'eau ou l'eau liquide?

Solution

A. $Q = mc\Delta T = (0.015 \text{ kg})[4186 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})](50.0^\circ\text{C}) = 3.14 \text{ kJ}$

B. $m = \frac{Q}{c\Delta T} = \frac{3.14 \text{ kJ}}{[3500 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})](13.0^\circ\text{C})} = 0.069 \text{ kg} = 69.0 \text{ g}$

C. $Q = mc\Delta T + mL_v = 3.14 \text{ kJ} + (0.015 \text{ kg})(22.6 \times 10^5 \text{ J/kg}) = 37.0 \text{ kJ}$

D. $m = \frac{Q}{c\Delta T} = \frac{37.0 \text{ kJ}}{[3500 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})](13.0^\circ\text{C})} = 0.814 \text{ kg} = 814 \text{ g}$

E. la vapeur d'eau

Question 4. [3.0 points] Couche de convection-conduction. La paroi supérieure d'un réfrigérateur, montrée ci-contre par une flèche, mesure 90 cm par 60 cm et a une épaisseur de 4.0 cm. Les températures sont 2.0°C à l'intérieur et 24°C à l'extérieur. Considérez deux couches de convection: une au-dessus de la paroi (avec $h = 2.5(\Delta T)^{1/4}$) et l'autre en dessous (avec $h = 1.3(\Delta T)^{1/4}$), et prenez $k = 0.18 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{C})$ pour la paroi conductrice.



- A. Quel est le taux de perte de chaleur Q/t à travers cette porte (pour la conduction et la convection) en fonction de ΔT ?
- B. Quelle est la valeur de Q/t , en watts, en supposant $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ pour chaque couche convectrice ? Ne calculez qu'une itération.

Solution

A. On a pour chaque couche $24 - T_e = \frac{Q}{At} \frac{1}{2.5\Delta T^{1/4}}$, $T_e - T_i = \frac{Q}{At} \frac{\Delta x}{k}$ et

$T_i - 2 = \frac{Q}{At} \frac{1}{1.3\Delta T^{1/4}}$. En les additionnant, on obtient $22 = \frac{Q}{tA} \left(\frac{1}{2.5\Delta T^{1/4}} + \frac{1}{1.3\Delta T^{1/4}} + \frac{\Delta x}{k} \right)$,

ce qui donne $\frac{Q}{t} = \frac{11.88}{\left(\frac{1.16923}{\Delta T^{1/4}} + 0.222 \right)}$.

B. L'expression précédente donne $Q/t = 13.5 \text{ W}$.

Question 5. [2.0 points] Un réfrigérateur *idéal* transfère de la chaleur de son intérieur (2.0°C) vers l'extérieur (25°C).

- A. Quel est son coefficient de performance (COP)?
- B. Quel est le travail minimal requis pour refroidir 2.0 kg d'eau de 25 °C à 2.0 °C en la plaçant dans ce réfrigérateur? (Rappel: $c_{\text{eau}} = 4186 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$)

Solution

A. $COP = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_c}{Q_h - Q_c} = \left(\frac{Q_h}{Q_c} - 1 \right)^{-1} = \left(\frac{T_h}{T_c} - 1 \right)^{-1} = \left(\frac{298}{275} - 1 \right)^{-1} = 12$

B. $W = \frac{Q_c}{COP} = \frac{mc\Delta T}{COP} = \frac{(2.0)(4186)(23)}{12} = 1.6 \times 10^4 \text{ J}$

Question 6. [2.5 points] Moteur automobile et essence. Le fabricant d'automobiles *Hyundai* stipule qu'une *Sonata GL* consomme 6.7 L/100km sur l'autoroute.

- A. Si sa puissance d'entrée est $P_{fi} = 65$ kW lorsqu'elle roule à 120 km/h sur l'autoroute, quelle est la valeur calorifique de l'essence q en J/L ?
- B. Si la puissance d'entrée P_{fi} et la valeur calorifique q sont comme en A, à quelle vitesse cette auto doit-elle rouler pour consommer 9.8 L/100km (valeur affichée en ville) ?



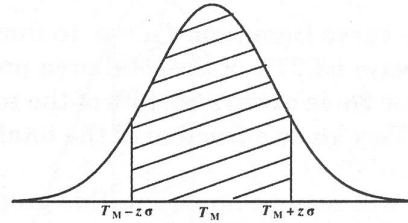
Solution

A. De $P_{fi} = qve$, on a $q = \frac{P_{fi}}{ev} = \frac{(65000 \text{ J/s})(3600 \text{ s/h})}{(0.067 \text{ L/km})(120 \text{ km/h})} = 2.9 \times 10^7 \text{ J/L}$

B. On a $v = \frac{P_{fi}}{eq} = \frac{(65000 \text{ J/s})(3600 \text{ s/h})}{(0.098 \text{ L/km})(2.9 \times 10^7 \text{ J/L})} = 82 \text{ km/h}$

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									