

PHYSQ 261 LEC X1 : Physique de l'énergie et de l'environnement
Examen partiel 1
Automne 2011

Nom _____ **SOLUTIONS** _____

Numéro d'étudiant _____

Professeur Marc de Montigny
Date Mercredi, 12 octobre 2011, de 19h45 à 21 h
Durée 60 minutes

Instructions

- Ce cahier contient **6 pages**. Vous y écrirez directement vos réponses.
- L'examen vaut **15%** de la note finale du cours.
- L'examen contient **10 questions** de différents niveaux. Vous pouvez obtenir une partie des points même si la réponse finale n'est pas correcte. Soyez clairs et précis.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire que vous avez imprimé et complété.
- Vous pouvez utiliser le verso des pages pour vos calculs. *Je ne les 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) sont interdits.
- Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.
- Si quelque chose n'est pas clair, posez-moi la question!

Question 1. (1.0 point) Énergie solaire. À chaque journée, la quantité d'énergie solaire reçue par la Terre vaut 490 TW·jour. Si on pouvait vendre cette énergie à 11 cents par kW·hr, combien d'argent cela vaudrait-il par journée? (Rappel: T = 10¹²)

Solution

$$E = 490 \text{ TW} \cdot \text{jr} \times 24 \text{ hr/jr} = 1.18 \times 10^{13} \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

$$E \times 0.11 \$ / \text{kW} \cdot \text{hr} = 1.298 \times 10^{12} \$ = \mathbf{1.3 \text{ T\$}}$$

Question 2. (2.0 point) Modèle exponentiel. Sachant que la population du Canada était de 22.8 millions en 1974 et de 33.7 millions en 2009, quelle sera-t-elle en 2015, selon le modèle exponentiel ?

Solution

Avec $t = 0$ en 1974, on a $t = 35$ en 2009

$$N(t) = N_0 e^{kt} \text{ donne } k = \frac{1}{t} \ln \frac{N(t)}{N_0} = 0.0111639229 \text{ année}^{-1}$$

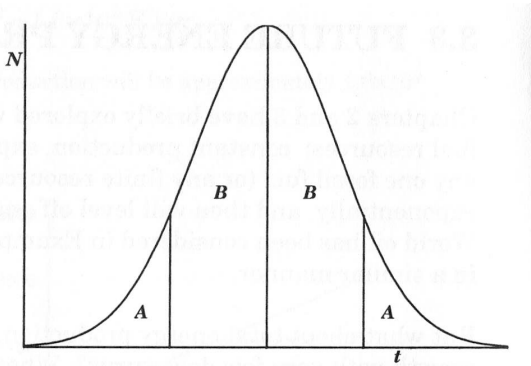
Donc, en 2015, nous avons $N(41) = 22.8 e^{k(41)} = \mathbf{36 \text{ millions}}$

Question 3. (1.0 point) Réserves et ressources. Expliquez brièvement la différence entre "réserves" et "ressources" énergétiques.

Réponse

Les *réserves* sont connues, disponibles et faciles à exploiter. Les *ressources* incluent les réserves et comptent aussi des sources d'énergie prédites par extrapolation et qui devraient être faciles à exploiter dans un avenir prochain.

Question 4. (1.5 point) Modèle de Hubbert. Considérez la figure ci-dessous et utilisez le tableau à la dernière page de l'examen. (a) Si la surface A représente 10% de l'aire totale sous la courbe, quelle est la valeur z correspondante ? (b) Si la surface B vaut 20% de l'aire totale sous la courbe, quelle est la valeur z correspondante ?



Solution

(a) $2B = 80\%$ donc $z = 1.28$

(b) $2B = 40\%$ donc $z = 0.52$

Question 5. (2.5 points) Modèle de Hubbert. En 2007, on avait produit environ 38% de la ressource totale d'une source d'énergie quelconque. Supposez que la ressource totale était alors de 1900 EJ et que la quantité produite en 2007 était de 17.2 EJ/an. Selon le modèle de Hubbert (voir tableau en dernière page), en quelle année le pic de production a-t-il été ou sera-t-il atteint?

Solution

Il y a 38% à gauche de la courbe ; il reste donc 24% au centre. Pour 0.24 la courbe gaussienne nous donne $z = 0.31$. On trouve

$$\sigma = \frac{Q_{\infty}}{N\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) = \frac{1900}{17.2\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{0.31^2}{2}\right) = 42 \text{ ans}$$

L'année de production maximale est donnée par $T_M = t + z\sigma = 2007 + (0.31)(42) = 2020$

Question 6. (1.0 point) Chaleur spécifique. Pendant 30 minutes, un coureur de 65 kg peut générer 0.80 MJ de chaleur. Celle-ci est libérée par divers mécanismes de réglage. En supposant que la chaleur spécifique du corps humain soit de 3500 J/(kg•°C), de combien changerait la température du corps sans ces mécanismes?

Solution

$$\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{0.8 \times 10^6}{(65)(3500)} = 3.5 \text{ °C}$$

Question 7. (2.0 points) Calorimétrie. Un contenant fait de 0.15 kg d'aluminium ($c_{Al} = 900 \text{ J/(kg}\cdot\text{°C)}$) contient 0.20 kg d'eau ($c_{eau} = 4186 \text{ J/(kg}\cdot\text{°C)}$). Initialement, ce système a une température de 18.0 °C. On prend ensuite 0.04 kg d'une substance inconnue, dont la température est de 97 °C, et on la plonge dans le contenant rempli d'eau. Si la température du système à l'équilibre est de 22 °C, quelle est la chaleur spécifique de la substance inconnue?

Solution

Prenons $T_i = 18 \text{ °C}$ (aluminium et eau), $T'_i = 97 \text{ °C}$ (substance), $T_f = 22 \text{ °C}$ (tout)

$$Q_{al} + Q_{eau} = Q_{subs}$$

$$m_{al}c_{al}(T_f - T_i) + m_{eau}c_{eau}(T_f - T_i) = m_{subs}c_{subs}(T'_i - T_f) \text{ ce qui donne}$$

$$c_{subs} = \frac{m_{al}c_{al}(T_f - T_i) + m_{eau}c_{eau}(T_f - T_i)}{m_{subs}c_{subs}(T'_i - T_f)} = 1300 \text{ J/(kg °C)}$$

Question 8. (1.5 point) Conduction thermique. Dans une maison chauffée à l'électricité, la température du côté intérieur d'un mur du sous-sol vaut 20.0 °C, et de l'autre côté du mur, elle vaut 12.8 °C. Le mur a une épaisseur de 10 cm, une surface de 9 m² et sa conductivité thermique vaut 1.1 J/(s•m•°C). Si l'énergie électrique coûte 10 cents par kW•hr, il faut combien d'heures pour que s'écoule l'équivalent de 5 \$ de chaleur à travers ce mur ?

Solution

La chaleur vaut $Q = 5\$/ (0.1 \text{ \$/kWh}) = 50\,000 \text{ W hr}$. De $\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{\Delta x}$, on obtient

$$t = \frac{Q\Delta x}{kA\Delta T} = \frac{(50000)(0.1)}{(1.1)(9)(20 - 12.8)} = 70.1 \text{ heures}$$

Question 9. (1.0 point) Machine thermique. Si on voulait construire une machine thermique en utilisant l'air chaud autour de la ville de New York, quelle serait le *pourcentage* d'efficacité maximale (c.-à-d. pour une machine idéale) si on prenait l'air chaud de l'atmosphère (30 °C) et qu'on rejetait la chaleur dans la rivière Hudson (10 °C) ?

Solution

$$\eta = 1 - \frac{Q_c}{Q_h} = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{283}{303} = 6.6\%$$

Question 10. (1.5 point) Coefficient de performance. Quel est le coefficient de performance (COP) maximal possible en théorie pour un climatiseur qui refroidit une pièce à 20 °C quand il fait 35 °C à l'extérieur ?

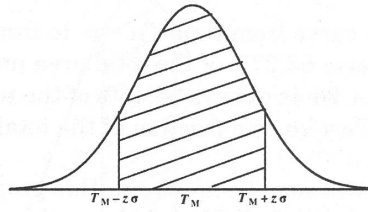
Solution

COP maximal implique que $\frac{Q_c}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$

$$\text{COP} = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_c}{Q_h - Q_c} = \frac{1}{\frac{Q_h}{Q_c} - 1} = \frac{1}{\frac{T_h}{T_c} - 1} = \frac{1}{\frac{308}{293} - 1} = 19.5$$

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									

Bonne chance!