

PHYSQ 261 LEC X1 : Physique de l'énergie et de l'environnement
Examen partiel 2
Automne 2011

Nom _____ **SOLUTIONS** _____

Numéro d'étudiant _____

Professeur Marc de Montigny
Date Mercredi, 16 novembre 2011, de 18h00 à 19h30
Lieu CSJ - Local MCM 164

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 **7 questions** de différents niveaux de difficulté. Vous pouvez obtenir une partie des points même si votre réponse finale n'est pas correcte. Soyez clairs et précis.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire que vous aurez préparé.
- 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, *PDA*s) sont interdits.
- Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.
- Si quelque chose n'est pas clair, dites-le moi!

Question 1. (1.0 point) Pollution. Selon le professeur Francis Davoine, qu'est-ce qui pollue le plus, si on les utilise pendant le même intervalle de temps: une tondeuse à gazon à essence ou une Honda Civic?

Question 2. (1.5 point) Entropie. (A) Pendant une belle journée d'hiver, une quantité de chaleur égale à $Q = 23.2$ Btu s'échappe vers l'extérieur d'une maison. À l'intérieur, il fait $T_H = 21.0$ °C, et à l'extérieur, $T_C = -15.0$ °C. Quelle est la variation d'entropie (i) à l'intérieur et (ii) à l'extérieur de la maison?

(B) Sachant que la chaleur latente de fusion de l'eau est de 3.33×10^5 J/kg, quel est le changement d'entropie lorsque 5.00 kg de glace fond à 0.00 °C ?

Solution

$$(A) \Delta S_H = \frac{-Q_H}{T_H} = -83.2 \text{ J/K} \quad (T \text{ en kelvin})$$

$$\Delta S_C = \frac{Q_C}{T_C} = +94.8 \text{ J/K}$$

(B) Absorption de chaleur : $\Delta S > 0$

$$(A) \Delta S = \frac{mL}{T} = 6100 \text{ J/K}$$

Question 3. (1.5 point) Qualité de l'air. Exprimez en mg/m^3 les concentrations de CO : (A) normale de 2.00 ppm, (B) maximale suggérée de 9.00 ppm, (C) de 35.0 ppm qui cause la fatigue, et (D) de 1600 ppm qui cause la mort en moins d'une heure. Prenez $P = 1$ atm, $T = 25$ °C, $m_C = 12$ g/mol et $m_O = 16$ g/mol.

Solution

$$\left[\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] = \frac{[\text{ppm}]_w}{22.4} \frac{273}{T} \frac{P}{1 \text{ atm}} = \frac{[\text{ppm}]28}{22.4} \frac{273}{298} = 1.1451[\text{ppm}]$$

- (A) 2.29 mg/m^3
- (B) 10.3 mg/m^3
- (C) 40.1 mg/m^3
- (D) 1830 mg/m^3

Question 4. (3.0 points) Distribution des polluants. Une section d'un restaurant français (où il est permis de fumer et d'apporter son chien...) a un volume de 150 m^3 . De l'air frais y pénètre à un taux de $225 \text{ m}^3/\text{hr}$. Les clients y arrivent à 20 h (c'est la France!) lorsque l'air est pur, puis du formaldéhyde (HCHO) est émis de la fumée des cigarettes au rythme total de 90 mg/hr . Prenez le coefficient de conversion $\kappa_{\text{HCHO}} = 0.4 \text{ hr}^{-1}$. Quelle sera la concentration de HCHO, en mg/m^3 , dans ce restaurant: (A) à 21 h ? (B) à 22 h ? (C) à minuit ?

Solution

$$V = 150 \text{ m}^3, Q = 225 \text{ m}^3/\text{h}, S = 90 \text{ mg/h}, \kappa = 0.4 \text{ h}^{-1}, \rho_0 = 0$$

$$\rho_\infty = \frac{S}{Q + \kappa V} = 0.315784 \text{ mg/m}^3, \quad \kappa + \frac{Q}{V} = 1.9 \text{ h}^{-1}$$

$$\rho(t) = \rho_\infty \left(1 - e^{-\left(\kappa + \frac{Q}{V}\right)t} \right) = 0.315784 (1 - e^{-1.9t}) \text{ mg/m}^3$$

- (A) $t = 1$: 0.269 mg/m^3
- (B) $t = 2$: 0.309 mg/m^3
- (C) $t = 4$: 0.316 mg/m^3

Question 5. (1.0 point) Rayonnement du corps noir. Si une étoile émet un rayonnement dont l'intensité maximale correspond à une longueur d'onde de 20.0 nm , (A) quelle est la température de cette étoile, en $^\circ\text{K}$? (B) Quelle est l'intensité I (en W/m^2) du rayonnement émis par cette étoile?

Solution

$$(A) T = \frac{2.8972 \times 10^6 \text{ nm K}}{20 \text{ nm}} = 1.45 \times 10^5 \text{ K}$$

$$(B) I = \sigma T^4 = 2.50 \times 10^{13} \text{ W/m}^2$$

Question 6. (3.0 points) Rayonnement solaire. La puissance émise par le Soleil vaut 3.96×10^{26} W.

(A) Si la distance entre le Soleil et la planète Vénus vaut 108×10^6 km, calculez la constante solaire (en W/m^2) pour Vénus.

(B) [Pour la suite, divisez votre réponse par 4, car la puissance est absorbée par un disque et distribuée sur une sphère.] Si l'albédo de Vénus vaut 0.75, quelle est l'intensité *retournée* vers l'espace (en W/m^2) ?

(C) Le reste de l'intensité est absorbé par la planète, qui irradie comme un corps noir. En tenant compte de l'albédo, quelle est la température de Vénus, en $^{\circ}\text{C}$? (La température réelle moyenne de Vénus est d'environ 450°C .)

Solution

$$(A) \quad I = \frac{P}{4\pi r^2} = 2700 \text{ W/m}^2$$

$$(B) \quad 0.75 \times 2700/4 = 507 \text{ W/m}^2$$

$$(C) \quad I = (1 - \alpha) \frac{I_0}{4} = 169 \text{ W/m}^2$$

$$I = \sigma T^4, \quad T = \sqrt[4]{\frac{I}{\sigma}} = 234 \text{ }^{\circ}\text{K} = -39.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Question 7. (4.0 points) Concentration de CO₂ et température. Considérons le modèle gaussien appliqué à la consommation de charbon et la production de dioxyde de carbone. On estime que la production totale de charbon mènera à des émissions totales de 8.0×10^{12} tonnes de carbone. En 1980, le taux d'émission de carbone était de 5.2×10^9 tonnes/année. On estime que le taux maximum d'émission sera 8 fois plus grand que le taux de 1980. On suppose aussi un changement de température de $\Delta T_d = 4.0$ °C pour un doublement de concentration de CO₂.

- (A) En quelle année la production cumulative sera-t-elle 16% de la production totale?
 (B) En quelle année la production cumulative sera-t-elle 84% de la production totale?
 (C) De combien augmentera la température globale entre les deux années en (A) et (B)?
 Prenez 420 ppm comme concentration atmosphérique de CO₂ pour (A), et 48% comme fraction atmosphérique de CO₂.

Solution

(A) $Q_\infty = 8.0 \times 10^{12}$ t, $N_0 = 5.2 \times 10^9$ t/an avec $t = 0$ en 1980, $N_M = 8N_0$

$$N(t) = N_M e^{-\frac{(t-T_M)^2}{2\sigma^2}} \text{ donne } T_M = \sigma \sqrt{2 \ln \frac{N_M}{N_0}}$$

$$\sigma = \frac{Q_\infty}{N_M \sqrt{2\pi}} = 76.7 \text{ années, de sorte que } T_M = 156.4 \text{ années. Pic en } 1980 + 156 = 2136$$

16% produit en $T_M - \sigma = 2136 - 76.7 = 2059$

(B) 84% produit en $T_M + \sigma = 2136 + 76.7 = 2212$

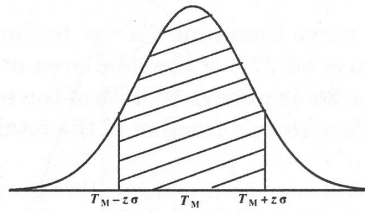
(C) 68% d'émissions : $(0.68)(8 \times 10^{12} \text{ t}) = 5440 \text{ Gt}$

$$\rho_{\text{CO}_2} = 420 + 0.48 \frac{1 \text{ ppm CO}_2}{2.12 \text{ Gt C}} 5440 \text{ Gt} = 1652 \text{ ppm CO}_2$$

$$\Delta T = \frac{\Delta T_d}{\ln 2} \ln \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{4.0}{\ln 2} \ln \frac{1652}{420} = 7.9 \text{ °C}$$

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!