PREMIERE ANNEE DU PCEM
Faculté de Médecine Lyon Grange Blanche
Année Universitaire 2008-2009

EXAMEN PARTIEL DE BIOPHYSIQUE
janvier 2009

Ce fascicule contient 14 pages, pages de gardes , brouillons et formulaire compris.
Seule la feuille de réponse est remise à la fin de l'épreuve.

Durée de l'examen : 60 minutes
Nombre de questions : 25

Pour tous les QCMs il faut cocher la ou les propositions justes.

Attention il peut y avoir zéro proposition juste.

Usage du formulaire, des constantes et des données :

C'est vous qui devez penser à rechercher dans cette page une information dont vous avez besoin. Dans la liste il peut y en avoir qui ne servent pas.

Attention certains QCMs peuvent ne pas être en SI quand une autre unité (comme la calorie) est toujours utilisée en biologie ou en médecine.

Les formules et constantes suivantes pourraient être utilisées avec ces approximations

$Q = m\,c\,\Delta T$ U = 3/2 nRT $Q_f = mL_f$ $\gamma = r.\omega^2 I = m.r^2$ $L = I.\,\omega$ $x(t) = -1/2 fMt^2$

$e^{\varepsilon} \cong 1 + \varepsilon$ $\dfrac{\Delta n}{\Delta t} = -P\,S\,\Delta C$ $J_D = -BRT\dfrac{dC_i}{dx} = -D\dfrac{dC_i}{dx}$ $D = \dfrac{kT}{f}$ $f_{sphère} = 6\pi\eta r$ $f_{cylindre} = 8\pi\eta l$

$E = E_0 + \dfrac{RT}{zF}\ln\dfrac{[ox]}{[red]}$ $\dfrac{d^2y}{dt^2} + 2\gamma\dfrac{dy}{dt} + \omega_0 y = 0$ $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$

$V = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r}$ $\vec{E} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}\vec{u} = -\overrightarrow{grad}\,V = -\left|\begin{matrix}\dfrac{\partial V}{\partial r}\\ \dfrac{\partial V}{r\partial\theta}\end{matrix}\right.$ $K_C = \dfrac{R.T^2_{cong}}{L_f} = 1{,}86\,°C.kg.Osmol^{-1}$

$\Delta P = \rho g h$ $\Delta P = \sigma(1/R_1 + 1/R_2)$ $P + \rho g z + \dfrac{\rho v^2}{2} = Cte$ $Q = vS$

$R_e = \rho\dfrac{v d}{\eta}$ $Q = \dfrac{\pi}{8\eta}\dfrac{(P_A - P_B)}{L}a^4$ $h = \dfrac{2\sigma\cos\theta}{\rho g R}$

Ln	2	3	10	Log	2	2,2	3,2
	0,69	1,1	2,3		0,3	0,34	0,5

c	cst Planck	Cst Boltzman	cst gaz parfaits	Faraday	calorie (cal)	charge de e^-
3.10^8 ms^{-1}	$6{,}6.10^{-34}$ J.s	$1{,}38.10^{-23}$ J.K^{-1}	8 J.K^{-1}.mole^{-1}	10^5 C	4,2 J	$-1{,}6.10^{-19}$C

Air %	N_2	O_2	autres	pression	Pa	atm.	bar	mm Hg	Torr	Vol molaire
0°C	78	21	1	atm. normale	10^5	1	1	760	760	22,4 L

Masse molaire / atomique (g)	H	He	C	O	Na	Cl	K	Ar	Ca	urée	$CuSO_4$	$C_6H_{12}O_6$
N A = 6.10^{23}	1	4	12	16	23	35	39	40	40	60	160	180

ρ_{eau}	ρ_{glace}	chaleur latente de fusion de l'eau (0 °C, Patm)	chaleur latente de vaporisation de l'eau (100 °C, Patm)	capacité calorifique massique eau	viscosité de l'eau (η)
10^3 kg.m^{-3}	9.10^2 kg.m^{-3}	L_f=333 kJ.kg^{-1}	L_v=2255 kJ.kg^{-1}	1cal g^{-1}.K^{-1}	10^{-3}Pa.s

Conductivité Equival.limite	HCl	NaCl	KCl	NaOH	Pot. Normal Electrode	Osmolarité Plasmatique Physiologique (Normale)
à 25°C	42,6 10^{-3}	12,6 10^{-3}	15 10^{-3}	24,8 10^{-3}	Cu^{++}/Cu = + 0,34V	300 mOsmol.L^{-1}

1 (*) Grandeurs vectorielles

Quelles grandeurs parmi les suivantes sont des grandeurs vectorielles :

A la force
B le potentiel électrique
C le travail
D l'énergie
E l'accélération

Réponse :
A, E

2 (*) Les dimensions des grandeurs suivantes sont :

A énergie : $M\ L^2\ T^{-2}$
B pression statique : $M\ L^{-1}\ T^{-2}$
C nombre de Reynolds : $M\ L^{-1}\ T^{-1}$
D tension superficielle : $M\ L^{-1}\ T^{-1}$
E moment d'inertie : $M\ L^2$

Réponse
A, B, E

C est faux c'est 1 (ou sans dimension)
D est faux $[\sigma] = ML^2T^{-2}L^{-2} = MT^{-2}$

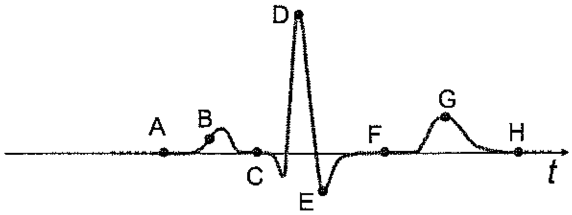
3 (*) Choc inélastique

Au cours d'un choc inélastique entre deux corps :

A la quantité de mouvement de chaque corps est conservée
B la quantité de mouvement totale est conservée
C l'énergie cinétique de chaque corps est conservée
D l'énergie cinétique totale est conservée
E la vitesse des deux corps diminue

Réponse :
B

4(*) ECG (Electrocardiogramme)



Soit un tracé physiologique d'ECG en dérivation DII ci-dessus.

A la dérivation DII est une dérivation bipolaire
B la dérivation DII est une dérivation qui explore le cœur dans un plan transversal
C lors d'un trouble de repolarisation ventriculaire, les points B et D seraient vraisemblablement plus proches l'un de l'autre
D le point B est contemporain de la dépolarisation auriculaire
E le point G est contemporain de la repolarisation auriculaire

Réponse
A, D

A, D vrai et B, C et E sont faux (cours). B est faux les dérivations bipolaires explorent l'activité électrique cardiaque dans le plan frontal. C est faux : les points B et D ne sont jamais contemporains de la repolarisation ventriculaire. Le point G correspond à la repolarisation ventriculaire (les oreillettes se sont déjà repolarisées bien avant (en fait déflexion masquée par le QRS)

6 (*) Cycle de Carnot

Dans un cycle de Carnot de machine frigorifique,

A une détente isotherme est caractérisée par le fait qu'aucun échange de chaleur n'a lieu avec l'extérieur

B une compression adiabatique est caractérisée par une variation d'énergie interne du système

C le coefficient de performance ne peut dépasser 100%

D la variation d'entropie est non nulle sur le cycle

E la chaleur échangée est non nulle sur le cycle

Réponse

B E

A faux : isotherme=température constante mais chaleur échangée

B vrai : DU=travail W

C faux :COP=Ti/DT en général >1

D faux, E vrai : S est une variable d'état, donc sa variation est nulle sur un cycle contrairement à Q

7 (*) Entropie

A la variation d'entropie d'un système lors d'une transformation réversible infinitésimale s'écrit toujours $dS = \frac{\delta Q}{T}$

B l'entropie d'un système isolé ne peut que croître

C une réaction chimique sera spontanée si elle permet de maximiser l'entropie

D à T=0 K, l'entropie d'un corps pur est nulle

E la variation d'entropie lors d'une transformation ne dépend pas du chemin suivi

Réponse

A, B, D, E

9 (**) Analyse Dimensionnelle

On cherche à établir une équation donnant la période de vibration *T* d'un objet en fonction de sa taille L, de la vitesse du son à l'intérieur *v* et de sa masse volumique ρ. L'analyse dimensionnelle permet de proposer:

A $T=\rho v$
B $T=\rho v/L$
C $T=\rho L/v$
D $T=L/v$
E Aucune des formules précédentes n'est dimensionnellement correcte

Réponse :
D

Posons $T=\rho^{\alpha}v^{\beta}L^{\gamma}$ L'équation aux dimensions est $[T]=T=(ML^{-3})^{\alpha}(LT^{-1})^{\beta}L^{\gamma}=M^{\alpha}L^{-3\alpha+\beta+\gamma}$ $T^{-\beta}$
D'où $\alpha=0$, $\beta=-1$, $\gamma=1$ (réponse D)

10 (**) Cellules cancéreuses

10^6 cellules cancéreuses sont présentes chez un patient au jour « 0 ». Ces cellules ont un temps de doublement de 10 jours. Le seuil critique est 10^{15} cellules. On utilisera $2^{10}\approx 1000$

A après 20 jours, il y a 2 millions de cellules cancéreuses.
B après 20 jours, il y a 4 millions de cellules cancéreuses.
C le seuil critique est atteint après environ 200 jours
D le seuil critique est atteint après environ 300 jours
E le seuil critique est atteint au même moment pour un second patient ayant $2\ 10^6$ cellules cancéreuses au jour « 0 » avec un temps de doublement de 5 jours

Réponse :
B, D

20 jours correspondent à deux cycles de doublement : population multipliée par 4.
Seuil critique atteint pour N=N0 2^(n/10) d'où
2^(n/10)=N/N0=10^9=(2^10)^3=2^30 : 30 seuils de doublement soit 300 jours.

11 (**) Energie élastique d'un ressort

Un ressort de raideur k = (200 ± 10) N.m^{-1} est écarté de sa position d'équilibre de x = (20± 2) cm. L'énergie élastique E=1/2 kx^2 de ce ressort est :

A (4 ± 1) J
B (4 ± 2) J
C (4 ± 3) J
D (4 ± 2) 10^6 J
E (4 ± 3) 10^6 J

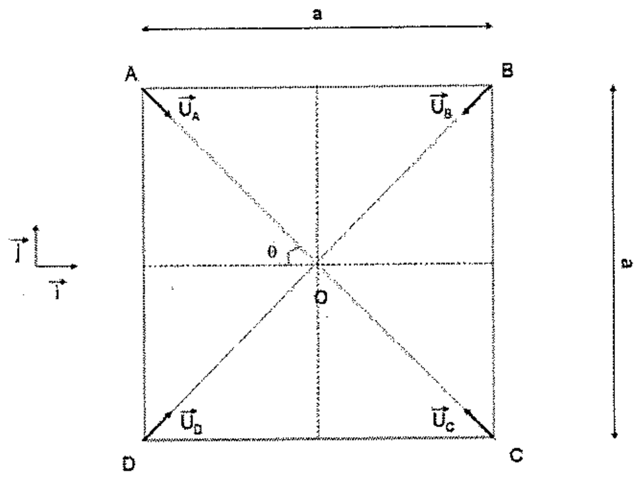
Réponse :
A

E=1/2 kx^2=1/2*200*0.2^2=4J (attention à convertir les cm!)
ΔE=1/2 Δk x^2+1/2 k 2x Δx=1J
On peut aussi utiliser ΔE/E=Δk/k+2Δx/x (vu en TD)=0.05+2*0.1=0.25

12 (**) Electrostatique

Les 2 sommets A et D d'un carré ABCD de côté a sont occupés chacun par une charge ponctuelle q_A= q_D= q (les deux autres n'ont pas de charge $q_B = q_C = 0$).

A le champ électrique en O est dirigé suivant le vecteur unitaire $\vec{i}$
B l'amplitude du champ en O vaut $E = \frac{1}{\pi\varepsilon_0}\frac{q}{a^2}\sqrt{2}$
C le potentiel en O vaut $V = \frac{q}{2\pi a\varepsilon_0}$
D le potentiel en O est non nul
E si on place une charge $q' = 2\sqrt{2}q$ en M tel que $\overrightarrow{OM} = a\,\vec{i}$, alors E=0 en O



Réponse
A, D, E

A est vrai

B est faux : $\vec{E} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}(\vec{u}_A + \vec{u}_D) = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{2q}{a^2}(\sqrt{2}\vec{i}) \Rightarrow E = \dfrac{\sqrt{2}}{2\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{a^2}$

C est faux, D est vrai, $V = \dfrac{2\sqrt{2}}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{a}$: V est non nul car $q_A = q_D$.

E est vrai : $E_{M\text{->}0} = -(E_{A\text{->}0} + E_{D\text{->}0})$ voir correction B)

13 (**) Mélanges

On mélange les liquides suivants : 2 kg d'eau à 100°C, 1 kg d'eau à 0°C et 1 kg d'eau à 20 °C. Quelle est la température d'équilibre du mélange (on suppose qu'il n'y a pas de perte de chaleur)

A 44 °C B 55 °C C 66 °C D 77 °C E 88°C

Réponse
B

Pour chacun des liquides on a :
$\Delta Q = c.m.\Delta T = c.m.(\theta_{\text{final}} - \theta_{\text{initial}})$
Pour les 2kg d'eau à 100 °C on a donc $\Delta Q_1 = c.m.\Delta T = c.m_1.(\theta_f - \theta_1)$
Pour le 1 kg d'eau à 0 °C on a donc : $\Delta Q_2 = c.m.\ \Delta T = c.m_2.(\theta_f - \theta_2)$
Pour le 1 kg d'eau à 20 °C on a donc : $\Delta Q_3 = c.m.\Delta T = c.m_3.(\theta_f - \theta_3)$
De plus il n'y a pas de perte de chaleur donc $\Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3 = 0$.

Ainsi on obtient : $c.m_1.(\theta_f - \theta_1) + c.m_2.(\theta_f - \theta_2) + c.m_3.(\theta_f - \theta_3) = 0$
$m_1.(\theta_f - \theta_1) + m_2.(\theta_f - \theta_2) + m_3.(\theta_f - \theta_3) = 0$
$2.(\theta_f - 100) + 1.(\theta_f - 0) + 1.(\theta_f - 20) = 0$
$4 . \theta_f = 220$ d'où $\theta_f =$ **55 °C**

En fait pour le concours ceux qui y pensent ont pu aller beaucoup plus vite en réalisant une moyenne des T de chaque liquide pondéré par la masse de liquide et la capacité calorifique massique de chaque liquide (ici c'est de l'eau, suffit de pondérer par la masse)

$$\theta = \frac{2kg.100°C + 1kg.0°C + 1kg.20°C}{2+1+1} = \frac{200+0+20}{4} = 55°C$$

14(*) & 15 (**) Oscillateurs

Soit un oscillateur de constante de raideur k, de longueur à vide L_{repos} fixé au plafond auquel on accroche une masse m. Soit $x = L - L_{repos}$ où L représente la longueur du ressort. On étire le ressort d'une longueur x_0 et on lâche la masse sans vitesse initiale.
Dans un premier temps on néglige l'amortissement

14 (*) L'évolution de x en fonction de temps peut s'écrire sous la forme :

A $x = x_0cos(\omega_0 t)$ avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

B $x = x_0sin(\omega_0 t)$ avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

C $x = x_0sin(\omega_0 t)$ avec $\omega_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

D $x = x_0cos(\omega_0 t)$ avec $\omega_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

E $x = x_0sin(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$ avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Réponse
A, E

La solution générale de l'équation différentielle de l'oscillateur non amorti s'écrit :
$x = Acos(\omega_0 t + \phi)$ avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$, la vitesse s'écrit alors : $v = -A\omega_0 sin(\omega_0 t + \phi)$
A t=0, $x = Acos(\phi) = x_0$ et $v = 0 = A\omega_0 sin(\phi)$. Il vient donc $A = x_0$ et $\phi = 0$
E " vrai " car $cos(\omega_0 t) = sin(\omega_0 t + \pi/2)$

15 (**) On suppose maintenant que l'oscillateur est amorti
On note γ le coefficient d'amortissement. L'amortissement est faible $\gamma^2 < \omega_0^2$

L'oscillateur continue d'osciller :

A avec la même période que celle obtenue précédemment
B avec une période plus faible
C avec une période plus grande
D l'amplitude de ses oscillations est décrite par l'équation $x = x_0 \exp(-\gamma t) cos(\omega t)$ avec $\omega < \omega_0$
E faux, il s'arrête sans osciller

Réponse
C

$\gamma^2 < \omega_0^2$ donc le discriminant de l'équation caractéristique associée à l'équation différentielle (voir formulaire) est négatif. L'équation peut donc s'écrire sous la forme $x = Aexp(-\gamma t)cos(\omega t + \phi)$ avec $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} < \omega_0$ donc la période d'oscillation est plus grande.
D faux car $v = dx/dt = A\exp(-\gamma t)\{-\gamma\cos(\varpi t+\phi) - \varpi\sin(\varpi t+\phi)\}$
donc à t=0, v=0 => $-\gamma\cos(\phi) - \varpi\sin(\phi) = 0$ => $\tan\phi = -\gamma/\varpi$ et $\phi \neq 0$

19 (**) Transformation thermodynamique isobare

Soit un système constitué d'un récipient fermé par un piston mobile de masse négligeable qui peut bouger sans frottement le long des parois. Il contient une mole de gaz monoatomique parfait dans un volume de 1 L et se trouve à la pression P=1 bar. On chauffe le récipient jusqu'à ce que le volume atteigne 2 L

A le travail reçu par le système vaut 200 J
B ΔU=150 J
C la transformation est adiabatique
D δQ = 250 J
E si le poids du piston n'est pas nul et qu'il est positionné sur la face supérieure du récipient la pression à l'intérieur du récipient est différente de celle à l'extérieur

Réponse
B, D, E
A faux car le travail reçu est négatif
$$\Delta U = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}P(V_2 - V_1) = 150J$$
$$\delta Q = \Delta U - \delta W = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) + P(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}P(V_2 - V_1) = 250J$$
δQ n'est pas nul donc la transformation n'est pas adiabatique.
P doit être mis en pascal et V en m^3.
E la pression à l'intérieur sera Patm+Mg/S

20 (**) Evaporation- ébullition

On enferme de l'eau liquide en quantité suffisante pour qu'il en reste toujours à l'état liquide dans un réservoir étanche contenant de l'air. Soit *Pvap* la pression partielle de l'eau en phase vapeur, *Psat* la pression de vapeur saturante de l'eau et *Ptot* la pression totale régnant dans le réservoir

A à l'équilibre, on a *Pvap= Ptot*
B si *Psat > Ptot > Pvap,* on obtient une ébullition
C si *Ptot > Psat > Pvap,* on obtient une évaporation
D si *Ptot > Pvap > Psat,* on obtient une condensation en eau de la vapeur
E si *Psat > Pvap > Ptot,* on obtient une ébullition jusqu'à ce que *Pvap = Ptot*

Réponse

B, C, D

A faux, à l'équilibre *Pvap= Psat* et *Ptot= Pva+ Pair*
B vrai et ce jusqu'à ce que *Pvap= Psat*
C vrai et ce jusqu'à ce que *Pvap= Psat*
D vrai, formation de gouttelettes liquides dans la phase vapeur et ce jusqu'à *Pvap= Psat*
E faux *Pvap < Ptot* s'il y a aussi de l'air

21 (***) Mélange de deux isotopes

On considère un échantillon contenant initialement 10^{20} noyaux d'iode 125, dont la demi-vie est 60 jours, et 10^{24} noyaux d'iode 131, dont la demi-vie est elle 8 jours. On donne $2^{15} \approx 30000$

Au total, combien reste-t-il de noyaux après 120 jours ?

A environ 6.10^{17}
B environ 3.10^{18}
C environ 3.10^{19}
D environ 6.10^{19}
E environ 3.10^{20}

Réponse
D

120 jours correspond à 2 demi-vies de l'iode 125 (population divisée par 4), et 15 demi-vies de l'iode 131 (population divisée par $2^{15} \approx 30000$). La population restante est donc: $N=10^{20}/4+10^{24}/30000=10^{20}(1/4+1/3) \approx 6.10^{19}$

24 (***) la sphère creuse

Une sphère creuse, de rayon intérieur R, porte une charge superficielle interne uniforme, de densité surfacique σ. Pour des raisons de symétrie, le champ électrique est nul en tout point situé à l'intérieur de la sphère.

L'expression du potentiel électrique V_O au centre O de la sphère et V (r) en un point situé à la distance r du centre O telle que 0< r <R valent parmi les 5 valeurs ci-dessous :

1 $\dfrac{\sigma R}{\varepsilon_0}$ 2 $\dfrac{\sigma R^2}{\varepsilon_0}$ 3 $\dfrac{\sigma 2 R}{\varepsilon_0}$ 4 $\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0 R}$ 5 $\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0 \pi R^2}$

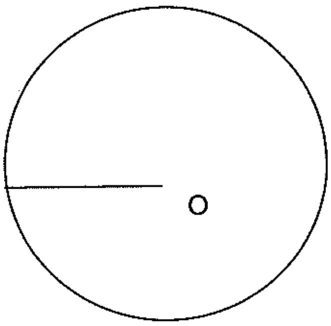
A $V_o = 1$; $V(r) = 1$

B $V_0 = 2$; $V(r) = 2$
C $V_o = 1$; $V(r) = 3$
D $V_o = 2$; $V(r) = 4$
E $V_o = 3$; $V(r) = 5$

Réponse

A

Le potentiel dV é en O par la charge élémentaire dq située sur la surface ds à la distance R de O vaut :



$$dV = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{R} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma ds}{R}$$

$$V_0 = \int_S \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma ds}{R} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma}{R}S = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma}{R}.4\pi R^2 = \frac{\sigma R}{\varepsilon_0}$$

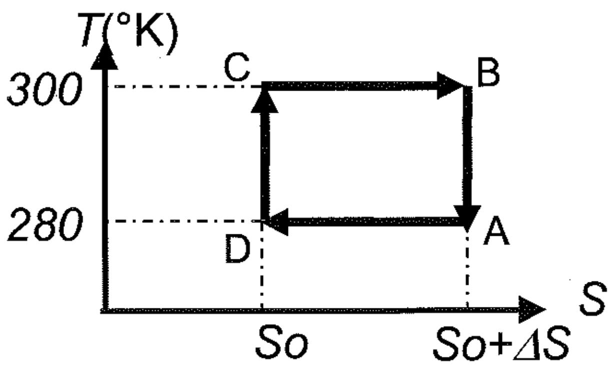
$$\vec{E} = -grad\ V = -\frac{dV}{dr}\frac{\vec{r}}{r}$$

$$dV = -E.dr = 0 \quad car\ E = 0$$

$$v(r) = cst = V_0 = \frac{\sigma R}{\varepsilon_0}$$

25 (***) Thermodynamique : Travail

Un gaz parfait enfermé dans une enceinte étanche subit un cycle de compressions-détentes réversibles ADCBA représenté sur la figure ci-dessous dans le diagramme TS. On donne T(A)=T(D)=280 K, S(C)=S(D)=So, T(B)=T(C)=300K, S(A)=S(B)=So+ΔS, V(C)=100 L, V(B)=200 L, P(B)=1 bar, R = 8



A la transformation BA est adiabatique
B la pression P(C) est égale à 2 bar
C le travail échangé lors de la transformation CB par le gaz avec l'extérieur est W(CB)=+6900 J
D le nombre de mole de gaz parfait est compris entre 7 et 9 moles
E la variation d'entropie ΔS lors de la transformation CB est comprise entre 10 et 15 J. K^{-1}

Réponse
A, B, D

A Vrai : cours
B Vrai : CB est isotherme => P(C)=P(B)V(B)/V(C)=1bar*2=2 bar
C Faux : $W(CB) = -\int PdV = -\int (P(B)V(B)/V)dV = - P(B)V(B) \ln(V(B)/V(C)) = - \ln(2) P(B)V(B) = -0.69*0.2*100\,000 = -13800$ J
D Vrai : $n=P(B)V(B)/RT=+10^5\ 2\ 10^{-1}/(8*300)=200/(3*8) = 8$ moles
E Faux : CB isotherme => $\Delta U(CB)=0=Q(CB)+W(CB)$
Variation d'entropie $\Delta S(CB)=Q(CB)/T(C)=-W(CB)/T(C)=+46$ J. K^{-1}