QCM Thermo

1. Nicolas = système physique échangeant travail + chaleur avec l'environnement

"fournit un travail" $\Rightarrow$ W négatif , $W = -1090\,J$

"énergie interne diminue" $\Rightarrow$ ΔU négatif , $\Delta U = -2990\,J$

$\Delta U = Q + W \Rightarrow Q = \Delta U - W = -2990 + 1090 = -1900\,J \Rightarrow$ a

1ère loi de la thermodynamique

2. clairement et explicitement, "1ère loi" = "$\Delta U = Q + W$" $\Rightarrow$ d

3. gaz = système échangeant chaleur et travail avec son environnement

"reçoit 1930 J" $\Rightarrow Q = +1930\,J$

"effectue un travail de 2250 J" $\Rightarrow W = -2250\,J$

1ère loi de la thermodynamique : $\Delta U = Q + W = 1930 - 2250 = -320\,J \Rightarrow$ a

4. · 1ère loi : $\Delta U = Q + W = \frac{3}{2} n R \Delta T$

gaz parfaits monoatomiques

données : · 750 J "absorbés" $\Rightarrow Q = +750\,J$

· 625 J "réalisés" $\Rightarrow W = -625\,J$

$\Rightarrow \Delta U = 750 - 625 = 125\,J = \frac{3}{2} \cdot 1{,}3 \cdot 8{,}314 \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{125}{\frac{3}{2} \cdot 1{,}3 \cdot 8{,}314} \simeq 7{,}7\,K \Rightarrow$ c

5. · 1ère loi : $\Delta U = Q + W = \frac{3}{2} n R \Delta T$

$\Rightarrow W = -Q + \frac{3}{2} n R \Delta T = -2300 - \frac{3}{2} \cdot 4{,}8 \cdot 8{,}314 \cdot 45 \simeq -5000\,J \Rightarrow$ a

$\Delta T = -45\,K$!

travail réalisé par le gaz sur son environnement

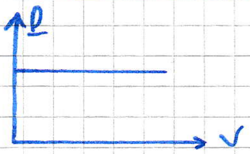
6. d

7. $P \cdot V \overset{\text{unités}}{=} Pa \cdot m^3 = kg \cdot s^{-2} \cdot m^{-1} \cdot m^3 = kg \cdot s^{-2} \cdot m^2 = \underbrace{(kg \cdot s^{-2} \cdot m)}_{\text{"force"}} \cdot \underbrace{m}_{\text{"distance"}} =$ joule ! $\Rightarrow$ c

· $Pa = N/m^2 = N \cdot m^{-2} = kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{m^2} = kg \cdot s^{-2} \cdot m^{-1}$

· $N = kg \cdot m/s^2$

8. b car $Q = 0$

9. 

d

10. · Travail d'un gaz parfait lors d'un processus isobare : $W = -P(V_f - V_i) = -P\Delta V$

· Chaleur reçue $Q = +2140\,J$

· $\Delta U = +2320\,J$

1ère loi de la thermodynamique : $\Delta U = Q + W = Q - P\Delta V \Rightarrow P\Delta V = Q - \Delta U$

$\Rightarrow \Delta V = \frac{Q - \Delta U}{P} = \frac{2140 - 2320}{1{,}22 \cdot 10^5} \simeq -1{,}48 \cdot 10^{-3}\,m^3 \Rightarrow$ b

il y a compression !

(11). le gaz subit une détente pour laquelle $Q = 0$ (isolation thermique)
De plus, le gaz n'effectue aucun travail sur l'environnement en se dilatant, car il se dilate dans le vide ! $\Rightarrow W = 0$

$\Rightarrow \Delta U = Q - W = 0 \Rightarrow$ (e)

---

(12). C'est le même processus qu'à la question (11).

$\Delta U = Q = W = 0$

Comme $\Delta U \propto \Delta T$, pour un gaz parfait (quelconque!) $\Rightarrow \Delta T = 0 \Rightarrow$ (b)

---

(13). L'eau peut recevoir de la chaleur, mais il n'y a pas de pertes : de la chaleur ne peut pas sortir.
Le processus est isobare et isotherme $\Rightarrow W = -P\Delta V \Rightarrow W = -1{,}01 \cdot 10^5 \cdot 8{,}5 \cong -8{,}58 \cdot 10^5\ \text{J} \Rightarrow$ (d)
↑ travail réalisé sur l'extérieur !

---

(14). $Q = L_v \cdot m = 2{,}26 \cdot 10^6\ \text{J/kg} \cdot 5 = 1{,}13 \cdot 10^7\ \text{J} \Rightarrow$ (e)

---

(15). 1ère loi de la thermodynamique : $\Delta U = Q + W = -8{,}58 \cdot 10^5 + 1{,}13 \cdot 10^7 \cong 1{,}04 \cdot 10^7\ \text{J} \Rightarrow$ (e)
La vapeur contient beaucoup plus d'énergie interne que le liquide !

---

(16). $\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$, car $\Delta U \propto \Delta T$ quelque soit le type de gaz parfait ! $\Rightarrow Q = -W$
Si $V_f < V_i \Rightarrow \Delta V < 0 \Rightarrow$ le gaz "reçoit" un travail car il est comprimé $\Rightarrow W > 0$
$\Rightarrow Q < 0$: de la chaleur s'échappe vers l'environnement $\Rightarrow$ (c)

---

(17). On se réfère à la question (16) dont la donnée est identique : $\Delta U = 0$
$Q = -W < 0$

$\Rightarrow$ (a)

---

(18). Adiabatique $\Rightarrow Q = 0$ et $\Delta U = +W \Rightarrow W = +50\ \text{J}$: le gaz reçoit du travail (il est comprimé)
$\Rightarrow$ (b)

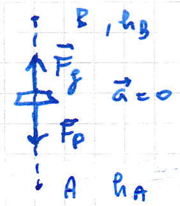
---

(19). Pour le gaz, (gaz parfait) $Q = 0$ (isolé) $\Rightarrow \Delta U = +W = \frac{3}{2} nR\Delta T$ (1ère loi de la thermodynamique)

$\Rightarrow +W = mg\Delta h = |\Delta E_{méc}|$ car le poids descend à vitesse constante ! ←

$\Rightarrow mg\Delta h = \frac{3}{2} nR\Delta T$

$$\Rightarrow \Delta h = \frac{3nR\Delta T}{2mg} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 8{,}314 \cdot 10}{2 \cdot 2 \cdot 9{,}8} \cong 32\ \text{m} \Rightarrow \text{(c)}$$



$E_{méc}A - E_{méc}B = mg(h_A - h_B) = F_f(h_A - h_B) = W_{NC}$

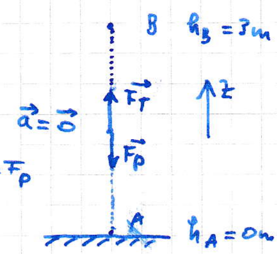
---

(20). $\text{rendement} = \frac{\text{travail mécanique fourni}}{\text{énergie reçue}} = \frac{mg(h_B - h_A)}{\text{énergie reçue}} \cong 0{,}24$
$\Rightarrow$ (b)

Energie reçue $= 3{,}3 \cdot 10^5\ \text{J}$

Travail mécanique fourni $= mg(h_B - h_A)$

$E_{méc}B - E_{méc}A = mg(h_B - h_A) = F_T(h_B - h_A) = W_{NC}$



$\Rightarrow F_T = F_p$

21 . "Machine de Carnot" $\hat{=}$ "rendement maximal" $\Rightarrow r = \dfrac{W_s}{Q_c} = \dfrac{T_c - T_f}{T_c}$

T_c
$\Downarrow Q_c$
$\bigcirc \Rightarrow W_s$
$\Downarrow Q_f$
T_f

Ici, $W_s = 1000\ J$
$T_c = 527 + 273 = 800\ K$
$T_f = -73 + 273 = 200\ K$

$\Rightarrow \dfrac{1000}{Q_c} = \dfrac{3}{4} \Rightarrow Q_c = \dfrac{1000}{3/4} \simeq 1333\ J$

$\Rightarrow$ b

22 . Réfrigérateur, $r = \dfrac{Q_f}{W_e} \Rightarrow 5 = \dfrac{Q_f}{65} \Rightarrow Q_f = 5 \cdot 65 = 325\ J$

T_f
$\Downarrow Q_f$
$\bigcirc \Leftarrow W_e$
$\Downarrow Q_c$
T_c

$Q_f + W_e = Q_c \Rightarrow Q_c = 325 + 65 = 390\ J \Rightarrow$ a

23 .
T_f
$\Downarrow Q_f$
$\bigcirc \Leftarrow W_e$
$\Downarrow Q_c$
T_c

• Pompe à chaleur, $r = \dfrac{Q_c}{W_e} = \dfrac{Q_c}{Q_c - Q_f} = \dfrac{3500}{-2400 + 3500} = \dfrac{35}{11} \simeq 3,2 \Rightarrow$ b

Sur un cycle : $\Delta U = 0$

$\Rightarrow Q_c = Q_f + W_e$

24 .
T_f
$\Downarrow Q_f$
$\bigcirc \Leftarrow W_e$
$\Downarrow Q_c$
T_c

• Pompe à chaleur idéale, $r = \dfrac{T_c}{T_c - T_f} = \dfrac{Q_c}{W_e} = \dfrac{320}{40} = 8 \Rightarrow W_e = \dfrac{Q_c}{8}$

• Sur un cycle, $\Delta U = 0 \Rightarrow Q_c = Q_f + W_e = Q_f + \dfrac{Q_c}{8} \Rightarrow Q_c = \dfrac{8}{7} Q_f$

$\Rightarrow W_e = \dfrac{1}{8} \cdot \dfrac{8}{7} Q_f = \dfrac{1}{7} Q_f = 1 \cdot 10^6\ J \Rightarrow$ b

25 . a). ↘ b). ↗ c). ↗ d). ↗ e). = e

26 . b

27 . $\Delta S = \dfrac{Q}{T} = \dfrac{-2,26 \cdot 10^6}{373\ K} \simeq -6,06 \cdot 10^3\ J/K$ a

le signe "-" signifie que la chaleur est relâchée dans l'environnement

28 . $r = \dfrac{W_s}{Q_c} = \dfrac{50'000}{100'000} = 0,5$ c

29 . $r_{idéal} = \dfrac{T_c - T_f}{T_c} = \dfrac{1500 - 500}{1500} = \dfrac{10}{15} \simeq 0,67$ d

30 . • le réservoir froid reçoit de l'énergie $Q_f > 0$

• Sur un cycle, $Q_c = Q_f + W_s$

$\Rightarrow Q_f = Q_c - W_s = 100'000 - 50'000 = 50'000\ J$

$\Rightarrow \Delta S = \dfrac{Q_f}{T} = \dfrac{50'000}{500} = 100\ J/K$ b

Exercices Thermodynamique

31. "effectue un travail de 164 J sur ..." $\Rightarrow W = -164\,J$

" reçoit 77 J de chaleur " $\Rightarrow Q = +77\,J$

$\Rightarrow \Delta U = Q + W = 77 - 164 = \underline{-87\,J}$

---

32. a). impossible car $W_s > Q_H$, rendement supérieur à 1. Violation 1er principe : $Q_H \neq W + Q_c$ (= conservation de l'énergie)

b). violation du 2ème principe : "aucun processus n'est possible si son résultat unique est le transfert de chaleur d'une source froide vers une source chaude, en fournissant un travail sur l'extérieur"
impossible

c). possible. 1er et 2ème principe respectés.

d). La conservation de l'énergie (1er principe) pas respecté : $Q_c + W \neq Q_H$. impossible

e). impossible. violation du 2ème principe : "aucun processus n'est possible, si son résultat unique est l'extraction de la chaleur d'une source et sa transformation complète en travail"

---

33. Moteur :

$\Downarrow Q_c$

(M) $\Rightarrow W_s$

$\Downarrow Q_f$

· $W_s = 2510\,J$

· $r = \dfrac{W_s}{Q_c} = 0{,}22$

· On cherche Q_f

· 1ère loi de la thermodynamique (= conservation de l'énergie) : $Q_c = W_s + Q_f$

$\Rightarrow Q_f = Q_c - W_s = \dfrac{1}{0{,}22} W_s - W_s = W_s\left(\dfrac{1}{0{,}22} - 1\right)$

$Q_c = \dfrac{W_s}{0{,}22}$

suite : $Q_f = W_s \cdot \left(\dfrac{1}{0{,}22} - 1\right) = 2510 \cdot \left(\dfrac{1}{0{,}22} - 1\right) \cong \underline{\underline{8899\,J}}$ (valeur absolue)

---

34. Moteur :

$\Downarrow Q_c$

(M) $\Rightarrow W_s$

$\Downarrow Q_f$

· $W_s = 5500\,J$

· $r = \dfrac{W_s}{Q_c} = 0{,}64$

· On cherche Q_c et Q_f

· 1ère loi de la thermodynamique : $Q_c = W_s + Q_f$ (= conservation de l'énergie)

$\Rightarrow Q_c = \dfrac{W_s}{0{,}64} = \dfrac{5500}{0{,}64} \cong \underline{\underline{8594\,J}}$

$\Rightarrow Q_f = Q_c - W_s \cong \underline{\underline{3094\,J}}$ (valeur absolue)

---

35. Moteur de Carnot :

$T_C = 845\,K$

$\Downarrow Q_c$

(M) $\Rightarrow W_s$

$\Downarrow Q_f$

$T_f = 395\,K$

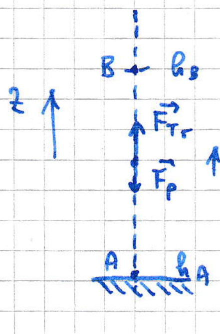
· rendement idéal $= \dfrac{T_C - T_f}{T_C} = \dfrac{450}{845} = \dfrac{90}{169} = \dfrac{W_s}{Q_c}$ (Carnot)

· calcul de W_s : $\Delta E_{méc} = E_{méc}(B) - E_{méc}(A) = W_{\vec{F}_{Tr}} = F_{Tr} \cdot (h_B - h_A)$

$= \frac{1}{2} m v_B^2 + m g h_B - \underbrace{m g h_A}_{=0} = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g h_B = W_s$

· $W_s = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 8{,}5^2 + 15 \cdot 9{,}8 \cdot 5 \cong 1276{,}9\,J$ (valeur absolue)

$\Rightarrow Q_c = \dfrac{W_s}{r} = \dfrac{W_s}{\left(\frac{90}{169}\right)} \cong \underline{\underline{2398\,J}}$



36

$T_c = 505\,K$; $\Downarrow Q_c$; $M \Rightarrow W_s = 8,4 \cdot 10^7\,J/s$; $\Downarrow Q_f$; $T_f = 323\,K$

a). rendement maximal (carnot)

$$r_{idéal} = \frac{T_c - T_f}{T_c} = \frac{182}{505} = 0,36$$

b). calcul de Q_f (carnot)

1ère loi de la thermodynamique : $Q_c = W_s + Q_f$

$$r_{idéal} = \frac{W_s}{Q_c} = \frac{W_s}{W_s + Q_f} = r_{idéal} \quad ; \quad W_s = r_{idéal} \cdot W_s + r_{idéal} \cdot Q_f$$

$$\Rightarrow Q_f = \frac{W_s(1 - r_{idéal})}{r_{idéal}} = 1,49 \cdot 10^8\,J/s$$

$\Rightarrow$ en 24 heures, $Q_f^{24} = Q_f \cdot 24 \cdot 3600 \simeq \underline{\underline{1,29 \cdot 10^{13}\,J}}$

valeurs absolues

37 Pour ces 2 machines, la température de la source froide égale la température de la source chaude.

T_f ; $\Downarrow Q_f$; $W_E \Rightarrow M$; $\Downarrow$; $T_c\ Q_c$

- les rendements de Carnot ne sont pas définis (ils divergent).
- 1ère loi : $Q_f + W_e = Q_c$ $\Rightarrow$ une chaleur $Q_f + W_e > Q_f$ pénètre dans la cuisine $\Rightarrow$ cela réchauffe la cuisine plutôt que la refroidir !
- le raisonnement est le même pour le climatiseur.

38

T_f ; $\Downarrow Q_f$; $W_e \Rightarrow PAC$; $\Downarrow Q_c = 3350\,J$; $T_c = 21°c = 293\,K$

- rendement idéal, $r = \dfrac{T_c}{T_c - T_F} = \dfrac{Q_c}{W_e}$

a). $T_f = 0°c = 273\,K$

$$r = \frac{293}{20} = \frac{3350}{W_e} \Rightarrow W_e = \frac{3350}{\left(\frac{293}{20}\right)} \simeq \underline{\underline{228,7\,J}} \quad \text{(valeur absolue)}$$

b). $T_f = -21°c = 252\,K$

$$\Rightarrow r = \frac{293}{42} = \frac{3350}{W_e} \Rightarrow W_e = \frac{3350}{\left(\frac{293}{42}\right)} \simeq \underline{\underline{480,2\,J}} \quad \text{(valeur absolue)}$$

39

$T_f = 21°c = 294\,K$; $\Downarrow Q_f$; Clim $\Leftarrow W_e$; $\Downarrow Q_c$; $T_c = 36°c = 309\,K$

a). rendement idéal (Carnot), $r = \dfrac{T_F}{T_c - T_F} = \dfrac{294}{15} \simeq \underline{\underline{19,6}} = \dfrac{Q_f}{W_e} \Rightarrow W_e = \dfrac{Q_f}{r}$

b). chaleur qui pénètre = chaleur que le climatiseur doit soutirer à l'intérieur

$= Q_f = 5 \cdot 10^6\,J$

$$\Rightarrow W_e = Q_c - Q_f = \frac{Q_f}{r} = Q_f \cdot \frac{T_c - T_F}{T_F} \simeq \underline{\underline{2,55 \cdot 10^5\,J}} \quad \text{(valeur absolue)}$$

énergie électrique consommée

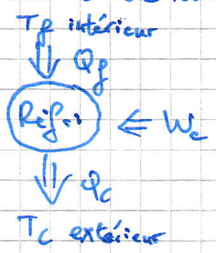
c). $Q_c = Q_f + W_e \simeq \underline{\underline{5,25 \cdot 10^6\,J}}$

40

Extérieur ; $\Downarrow Q_f$; $W_e \Rightarrow PAC$; $\Downarrow Q_c$; Intérieur

D'après la 1ère loi, $Q_c = W_e + Q_f > 0$ $\Rightarrow$ la P.C peut fournir plus de chaleur qu'elle n'en consomme ! c'est d'ailleurs ce qui est recherché.

41) Dans le cas idéal, le rendement du réfrigérateur est $r_{idéal} = \frac{Q_f}{W_e} = \frac{T_F}{T_C - T_F}$

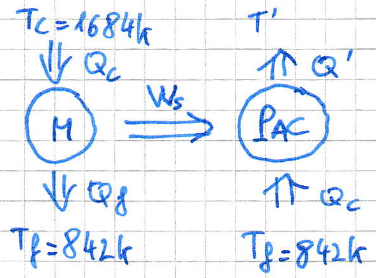


$\Rightarrow W_e = Q_f \cdot \frac{T_C - T_F}{T_F} = Q_f \cdot \left(\frac{T_C}{T_F} - 1\right)$

Clairement, si T_C augmente, W_e augmente aussi, toutes choses demeurant égales par ailleurs (Q_f et T_f constants). Donc cela coûtera plus en été !

---

42)



- rendement de la machine M, $r = \frac{T_C - T_F}{T_C} = \frac{1}{2} = \frac{W_s}{Q_c}$ (1)
- 1ère loi de la thermodynamique : $Q_c = W_s + Q_f$ (2)
- Coefficient de performance de la PAC $= \frac{Q'}{W_s} = \frac{T'}{T' - T_f}$ (3)
- 1ère loi de la thermodynamique : $W_s + Q_c = Q'$ (4)

En combinant ces équations, on obtient :

(4) → (3) : $\frac{W_s + Q_c}{W_s} = \frac{T'}{T' - T_f}$ $\Rightarrow \frac{\frac{1}{2}Q_c + Q_c}{\frac{1}{2}Q_c} = \frac{T'}{T' - T_f} = 3$

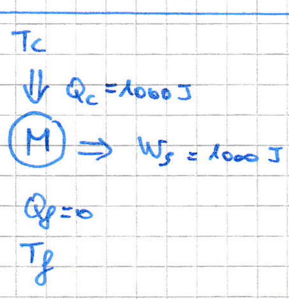
(1) $\Rightarrow W_s = \frac{1}{2} Q_c$

d'où $T' = 3(T' - T_f) = 3T' - 3T_F \Rightarrow -2T' = -3T_F \Rightarrow T' = \frac{3}{2} T_F = \underline{\underline{1263k}}$

---

43) $r_{idéal} = \frac{T_C - T_F}{T_C} = \frac{18}{25+272} \simeq \underline{\underline{0{,}06}}$

44.



- $Q_c = Q_f + W_s$: 1ère loi respectée
- rendement $= \frac{W_s}{Q_c} = 1 = \frac{T_C - T_f}{T_C} = 1 - \frac{T_f}{T_C}$

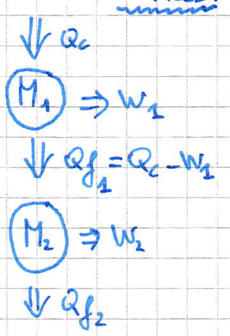
si $T_f > 0 \Rightarrow 1 - \frac{T_f}{T_C} < 1 \Rightarrow$ Contradiction !

T_f est différent de 0 alors que Q_f est nul

2ème loi non respectée

---

45)



Données : $e_1 = \frac{W_1}{Q_c}$; $e_2 = \frac{W_2}{Q_c - W_1}$; $e = \frac{W_1 + W_2}{Q_c}$

- On part de e :

$e = \frac{1}{Q_c}(W_1 + W_2) = \frac{1}{Q_c}\left(e_1 Q_c + e_2 Q_c - e_2 W_1\right) = \frac{1}{Q_c}\left(e_1 Q_c + e_2 Q_c - e_2 e_1 Q_c\right)$

$\Rightarrow \underline{\underline{e = e_1 + e_2 - e_1 e_2}}$

(46) • rendement de la machine, $r = \frac{T_C - T_f}{T_C} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{25}{40} = \frac{5}{8} = \frac{W}{Q_1}$ (1)

• CAF idéal du réfrigérateur, $CAF = \frac{T_F}{T_C - T_F} = \frac{T_4}{T_3 - T_4} = \frac{225}{100} = 2{,}25 = \frac{9}{4} = \frac{Q_4}{W}$ (2)

• 1ère loi de la thermodynamique (= conservation de l'énergie) : $Q_1 = W + Q_2$ (3) (machine)

$Q_4 + W = Q_3$ (4) (réfrigérateur)

Il faut combiner ces 4 équations !

$$\frac{(4)}{(3)} : \frac{Q_3}{Q_1} = \frac{W + Q_4}{W + Q_2} = \frac{W + 9/4\, W}{W + Q_1 - W} = \frac{\cancel{W} + 9/4 \cancel{W}}{\cancel{W} \cdot \frac{8}{5}} = \frac{\frac{13}{4}}{\frac{8}{5}} = \frac{13}{4} \cdot \frac{5}{8} = \underline{\underline{\frac{65}{32}}}$$

---

(47) $CAF_{idéal} = \frac{T_F}{T_C - T_F} = \frac{270}{30} = 9 = \frac{Q_f}{W}$

En 1 seconde, $Q_f = 9 \cdot W = 9 \cdot 200 = 1800\ J$

En 10 minutes, $Q_f^{10'} = 1800 \cdot 10 \cdot 60 = \underline{1{,}08 \cdot 10^6\ J}$

} (valeurs absolues)

---

(48) • Moteur (1). rendement $r = \frac{T_C - T_f}{T_C} = \frac{T_1 - 275}{T_1} = \frac{W_1}{Q_H} = \frac{W_1}{1450}$ (1)

• Moteur (2). rendement $r = \frac{T_2 - 275}{T_2} = \frac{W_2}{1450}$ (2)

• Calcul de W_1 : le travail à fournir est égal à la variation de l'énergie mécanique de la caisse :

$W_1 = \frac{1}{2} m v_1^2$ (3) (car $\Delta E_{méc} = W_{\vec{F}_{NC}}$)

• Calcul de W_2 : idem. $W_2 = \frac{1}{2} m v_2^2$ (4)

• (3) → (1) : $\frac{T_1 - 275}{T_1} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 125 \cdot 4}{1450} = \frac{5}{29}$; $T_1 - 275 = \frac{5}{29} T_1$; $T_1 \left(1 - \frac{5}{29}\right) = 275$

$\Rightarrow T_1 = \frac{275}{24/29} \cong \underline{\underline{332{,}3\ K}}$

• (4) → (2) : $\frac{T_2 - 275}{T_2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 125 \cdot 9}{1450} = \frac{1125}{2900} = \frac{45}{116}$; $T_2 - 275 = \frac{45}{116} \cdot T_2$; $T_2 \left(1 - \frac{45}{116}\right) = 275$

$\Rightarrow T_2 = \frac{275}{\frac{71}{116}} \cong \underline{\underline{449{,}3\ K}}$

(49). Nombre d'Avogadro $= N_A = 6,02.10^{23}$ atomes par mole

$3,01.10^{24}$ atomes correspondent à $n = \dfrac{3,01.10^{24}}{6,02.10^{23}} = 5$

Donc 1 mole de l'élément "pèse" $\dfrac{135g}{5} = 27g$. ⇒ cela correspond à l'aluminium

---

(50). (a) $m = 14.m(C) + 18.m(H) + 2.m(N) + 5.m(O) = 14.12g + 18.1g + 2.14g + 5.16g = 294g$

(b) 294 g est la masse d'une mole, c'est-à-dire de $6,02.10^{23}$ molécules

⇒ masse d'une molécule $= \dfrac{294g}{6,02.10^{23}.1000} \simeq 4,9.10^{-25}$ kg

---

(51). 1 mole pèse 64,5 kg, pour $6,02.10^{23}$ molécules

⇒ 1 molécule pèse alors $\dfrac{64,5kg}{6,02.10^{23}} \simeq 1,07.10^{-22}$ kg

---

(52). $T = 15,5 + 273,1 = 288,6$ k

$P = 1,72.10^5$ Pa $R = 8,314$

$V = 2,81 m^3$

$T' = 28,8 + 273,1 = 301,9$ k

$V' = 4,16 m^3$

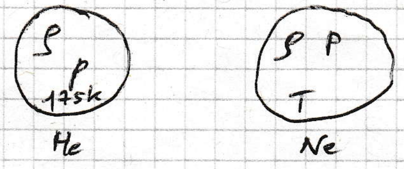
(a) lois des gaz $PV = nRT$ ⇒ $n = \dfrac{PV}{RT} \simeq 201$ mol

lois des gaz

(b) $P' = \dfrac{nRT'}{V'} = \dfrac{PV}{T} \cdot \dfrac{T'}{V'} = 1,22.10^5$ Pa

---

(53)



$\rho = \dfrac{m}{V} = \dfrac{m_{He}}{V_{He}} = \dfrac{m_{Ne}}{V_{Ne}} = \dfrac{n_{He} \cdot M_{He}}{V_{He}} = \dfrac{n_{Ne} \cdot M_{Ne}}{V_{NE}}$

$n_{He} = \dfrac{m_{He}}{M_{He}}$ $n_{Ne} = \dfrac{m_{Ne}}{M_{Ne}}$

⇒ $n_{NE} = \dfrac{V_{NE}}{M_{Ne}} \rho$ et $n_{He} = \dfrac{V_{He}}{M_{He}} \cdot \rho$

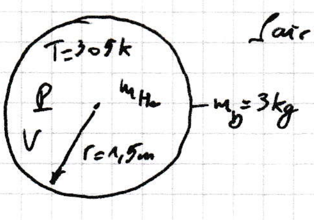
lois des gaz parfaits : $T_{He} = \dfrac{PV_{He}}{n_{He}R} = \dfrac{PV_{He}}{\frac{V_{He}}{M_{He}} \rho R} = \dfrac{PM_{He}}{\rho R}$ ⇒ $\rho = \dfrac{PM_{He}}{RT_{He}}$

$T_{Ne} = \dfrac{PM_{Ne}}{\rho R} = \dfrac{PM_{Ne}}{R} \cdot \dfrac{RT_{He}}{PM_{He}} = \dfrac{M_{Ne}}{M_{He}} T_{He} = \dfrac{20}{4} . T_{He} \simeq 5.175k \simeq 875k$

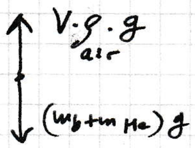
arrondi!

---

(54) (9)



$\rho_{air} = 1,19 \dfrac{kg}{m3}$



- équilibre hydrostatique -

$\underbrace{V\rho g}_{\text{Archimède}} = \underbrace{(m_b + m_{He}) \cdot g}_{\text{pesanteur}}$ (1)

. lois des gaz parfaits : $PV = nRT = \dfrac{m_{He}}{M_{He}} . RT$ (2)

De (1) : $V\rho = m_b + m_{He}$ ⇒ $m_{He} = V\rho - m_b$

De (2) : $P = \dfrac{m_{He}}{M_{He}} \cdot \dfrac{RT}{V} = \dfrac{V\rho - m_b}{M_{He}} \cdot \dfrac{RT}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \dfrac{\left(\frac{4}{3}\pi r^3 . 1,19 - m_b\right) . RT}{M_{He} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3}$

$= \dfrac{\left[\frac{4}{3}\pi(1,5)^3 . 1,19 - 3\right] . 8,31 . 305}{\frac{4,0026}{1000} \cdot \frac{4}{3}\pi . (1,5)^3} \simeq 6,19.10^5$ Pa

Exercices thermodynamique

55

Initial :

$V_i = 1000\,cm^3 = 1.10^{-3}\,m^3$

$P_i = 1{,}01.10^5\,Pa$

$T_i = 40°C = 313\,K$

Final :

$V_f = 1{,}5.10^{-3}\,m^3$

$P_f = 1{,}06.10^5\,Pa$

$T_f = ?$

a). $P_i V_i = nRT_i$ (loi des gaz)

$\Rightarrow n = \dfrac{P_i V_i}{R T_i} = \underline{0{,}0388 \text{ moles}}$

b). $P_f V_f = nRT_f$ (loi du gaz)

$\Rightarrow T_f = \dfrac{P_f V_f}{nR} = \underline{493\,K}$

56

Initial : $P_i ; V_i ; T_i$

Final : $P_f ; V_f ; T_f$ loi des gaz parfaits : $\Rightarrow \dfrac{P_i V_i}{T_i} = \dfrac{P_f V_f}{T_f} = \text{constante}$

$$\Rightarrow P_f = \frac{T_f}{V_f} \cdot \frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{300}{1{,}67.10^{-2}} \cdot \frac{165'000 \cdot 1{,}64.10^{-2}}{273} \cong 178{,}1\,kPa$$

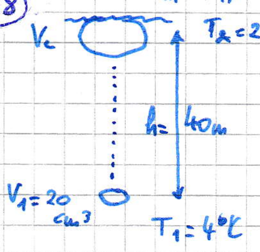
57

Ici on utilise la forme $PV = N k_B T$ de la loi des gaz.

$$N = \frac{PV}{k_B T} = \frac{1{,}01.10^{-13} \cdot 0{,}001\,dm^3}{1{,}38.10^{-23} \cdot 293} \cong 24'979 \xrightarrow{\div 1000} \underline{24{,}979} / cm^3$$

58

$P_{atm} = 1{,}01.10^5\,Pa$



Au fond : $P_1 \cdot V_1 = nRT_1$ (gaz parfait)

En surface : $P_{atm} \cdot V_2 = nRT_2$ (gaz parfait)

$P_1 = \underbrace{P_{atm} + \rho g h}_{\text{pression à la profondeur } h}$

$\rho = 1000\,kg/m^3$

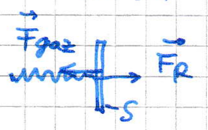
$g = 9{,}81\,m/s^2$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_{atm} V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{P_{atm}} \cdot \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{293}{1{,}01.10^5} \cdot \frac{(1{,}01.10^5 + 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 40) \cdot \frac{20}{1000} \cdot \frac{1}{1000}}{277} \cong \underline{103\,cm^3}$$

59

Au repos : À la fin de l'expérience, $F_{gaz} = F_R$ (sur x) Equilibre des forces



$F_{gaz} = P_f \cdot S$ (force exercée par la pression du gaz sur le piston)

$F_R = k \cdot \Delta x$ (force de rappel exercée par le ressort sur le piston)

$$\Rightarrow k\Delta x = P_f \cdot S \Rightarrow k = \frac{S}{\Delta x} \cdot P_f = \frac{S}{\Delta x} \cdot \frac{P_i}{2} = \frac{\pi \cdot \left(\frac{5}{100}\right)^2}{0{,}2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1{,}01.10^5 \cong \underline{1983\,\frac{N}{m}}$$

Initial : $\begin{cases} P_i = 1{,}01.10^5\,Pa \\ V_i = V \\ T_i = T \end{cases}$

final : $\begin{cases} P_f = ? \\ V_f = 2V \\ T_f = T \end{cases}$

gaz parfaits $\Rightarrow P_i \cdot V = nRT = \text{constante}$; gaz parfaits $\Rightarrow P_f \cdot 2V = nRT \Rightarrow P_f = \dfrac{P_i}{2}$

Exercices thermodynamique,

60. a). D'après la 1ère loi de la thermodynamique, $\Delta U = Q + W$

Si $Q = 0$, alors $\Delta U = +W$

Pour un gaz parfait, $\Delta U \propto \Delta T$ $\Rightarrow$ ΔT peut être $\neq 0$ si $Q = 0$

En particulier, $\Delta T > 0$ si $W > 0$: lors de la compression de la substance $\boxed{\text{oui}}$

b). A nouveau, $\Delta U \propto \Delta T$ $\Rightarrow$ $\Delta U = 0$ et $\Delta T = 0$ (processus isotherme)

$\Rightarrow$ $0 = Q + W$ ou $Q = -W$

Il suffit que la chaleur échangée soit égale au travail : • $Q < 0$ $\Rightarrow$ $W > 0$: compression

• $Q > 0$ $\Rightarrow$ $W < 0$: dilatation $\boxed{\text{oui}}$

61 D'après la 1ère loi de la thermodynamique, $\Delta U = Q + W$

Ici, $W = 0$, car à P = constante, $W = -P\Delta V \neq 0$

La contribution à ΔU provient de la chaleur latente de fusion : $Q = m \cdot L_f > 0$

Donc $\Delta U > 0$: l'énergie interne augmente

62 $\Delta U = Q + W$: 1ère loi de la thermodynamique

• $Q = m \cdot L_s = 1{,}5\ kg \cdot 1{,}99 \cdot 10^6 \frac{J}{kg} = 2{,}985 \cdot 10^6\ J$ seul L_s contribue à Q

• $W = -P \cdot (V_f - V_i)$: travail à pression constante (dilatation, $W < 0$)

$V_i \neq 0$ $\Rightarrow$ $W = -PV_f$

Calcul de $P \cdot V_f$: selon la loi des gaz parfaits $PV_f = nRT = \frac{1500}{65{,}4} \cdot 8{,}314 \cdot 600 = 1{,}14 \cdot 10^5\ J$

$\Rightarrow$ $\Delta U = 2{,}871 \cdot 10^6\ J$ La contribution de la dilatation est très faible.

63 a). Pour un gaz parfait, $\Delta U \propto \Delta T$. donc si $\Delta T = 0$, $\Delta U = 0$

b). Si $\Delta U = 0$, (1ère loi) $Q = -W = -6100\ J$ ("–" car de la chaleur est retirée)

c). $W = -nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$ (relation donnant W pour un processus isotherme) $\Rightarrow$ $T = \frac{W}{-nR\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)} = \frac{+6100}{-3 \cdot 8{,}314 \ln\left(\frac{25}{55}\right)} \simeq 310\ K$

64 • $A \to B$: isochore, $W = 0$ • $A \to C$: isotherme, $\Delta U = 0$ $\Rightarrow$ $Q = -W$

• $B \to C$: processus isobare , $W = -P\Delta V$

a). Pour le processus $A \to C$, $\Delta U = 0$ $\Rightarrow$ $Q = -W = W_{A\to B} + W_{B\to C} = 0 + P\Delta V = 4 \cdot 10^5 \cdot (0{,}2 - 0{,}4)$

$= -8 \cdot 10^4\ J$

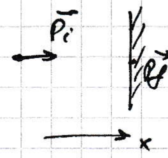
b). la chaleur sort

⚠ le résultat aurait été différent pour un chemin différent !

Exercices thermodynamique –

(65)

a). Pour une seule balle,



$\Delta\vec p = \vec{p_f} - \vec{p_i}$ (variation de $\vec p$)

sur x : $\Delta p = 0 - p_i$

Or, $p_i = m v_i$ $\Rightarrow \Delta p = -m v_i$

Pour 200 balles en 10 secondes $\Rightarrow$ 20 balles par seconde $\Rightarrow \Delta p_{total} = -20\cdot m\cdot v_i = -20\cdot 5\cdot10^{-3}\cdot 1200$

$= -120\ kg\cdot\frac{m}{s}$

b). 2ème loi de Newton, $\Sigma \vec F_{ext} = \frac{\Delta\vec p}{\Delta t}$, force exercée par le mur sur les balles

$\Rightarrow F_{balle/mur} = -F_{mur/balle} = -\frac{\Delta p}{t} = -(-120\ k\frac{m}{s}/s) = 120N$

c). $P = \frac{F}{S} = \frac{120N}{3\cdot10^{-4}m^2} = 40'000\ Pa$

---

(66)

· Travail réalisé par l'eau, $W = -p\Delta V = -p_{atm}(V_f - V_i)$

· Chaleur reçue par l'eau, $Q = c_p\, m\, \Delta T$

Comme l'eau se dilate, on utilise la loi de dilatation volumique : $\Delta V = V_i\,\gamma\,\Delta T$

$\Rightarrow$ rapport cherché $= \frac{W}{Q} = \frac{p\cdot V_i\cdot\gamma\cdot\Delta T}{c_p\cdot m\cdot\Delta T} = \frac{p}{c_p}\cdot\frac{1}{\rho}\cdot\gamma = \frac{101'325\ Pa}{4186}\cdot\frac{1}{1000}\cdot 2\cdot10^{-4} = 4.8\cdot10^{-6}$

On observe que $\rho_{eau} = \frac{m}{V_i} \Rightarrow \frac{V_i}{m} = \frac{1}{\rho_{eau}}$

1 atm = 101'325 Pa

$\gamma = 2\cdot10^{-4}\ K^{-1}$

---

(67)

a). le travail est donné par l'aire sous la courbe de la pression dans un diagramme P–V

$W = -(2\cdot10^5 Pa\cdot 8\ m^3 + \frac{1}{2}\cdot 4\ m^3\cdot 2\cdot10^5\ Pa) = -2\cdot10^6\ J$ (<0, car dilatation)

b). C'est un gaz parfait ! n = constante $\Rightarrow \frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B} \Rightarrow T_B = \frac{P_B V_B T_A}{P_A V_A} = \frac{V_B}{V_A}\cdot T_A = 5\cdot T_A$

$= 925\ K$

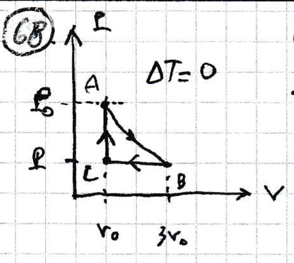
c). $\Delta U = Q + W \Rightarrow Q = \Delta U - W = \frac{3}{2} nR\Delta T - W$

Que vaut n ? $P_A\cdot V_A = nRT_A \Rightarrow n = \frac{P_A\cdot V_A}{RT_A} \cong 2,6\cdot10^{-8}$

$\Rightarrow Q = \frac{3}{2}\cdot 2,6\cdot10^{-8}\cdot 8,31\cdot(925-185) + 2\cdot10^6 = 4,4\cdot10^6\ J$

---

(68)



· Comme $\Delta U = Q + W = \frac{3}{2} nR\Delta T = 0$, $\Rightarrow Q = -W$

· On se borne à calculer W sur A → B (isotherme) et sur B → C (isobare)

a). $W_{A\to B} = -RT\ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = -R\cdot 438\cdot\ln(3)$

b). $W_{B\to C} = -P\cdot\Delta V = -P(V_0 - 3V_0) = +2V_0\cdot P$

Calcul de P à l'aide de l'isotherme A → B : $P_0\cdot V_0 = P\cdot 3V_0 \Rightarrow P = P_0/3$

$\Rightarrow W_{B\to C} = +2V_0\, P_0/3 = +\frac{2}{3}P_0\cdot V_0 = +\frac{2}{3}RT = +\frac{2}{3}R\,438$

$\Rightarrow Q = R\cdot 438(\ln(3) - 2/3) \cong 1572\ J$ (>0 : absorbée !)

Exercices thermodynamique

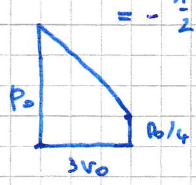
69 Selon la définition générale du travail, le travail est égale à l'aire sous la courbe dans le diagramme P-V.

a). chemin A :

$W_A = -p_0 \cdot (4V_0 - V_0) = \underline{-3\, p_0 V_0}$ $(= -120\,J)$

b). chemin B :

$W_B = \underbrace{-\frac{1}{2}\left(p_0 + \frac{p_0}{4}\right) \cdot 3V_0}_{\text{aire du trapèze rectangle}} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{5p_0}{4} \cdot 3V_0 = \underline{-\frac{15}{8} p_0 V_0}$ $(= -75\,J)$



c). chemin C :

$W_C = -\frac{p_0}{4}(4V_0 - V_0) = \underline{-\frac{3}{4} p_0 V_0}$ $(= -30\,J)$

Le travail échangé dépend du chemin exact parcouru. Tous les travaux sont négatifs, car $V_f > V_i$.

70

	Q	W	ΔU
A → B	+	−	+
B → C	+	0	+
C → A	−	+	−

- a). de A à B : processus isobare $V_f > V_i \Rightarrow W < 0$
- b). $\Delta U = Q + W > 0 \Rightarrow Q > W \geq 0 \Rightarrow Q > 0$
- c). de B à C : processus isochore : $W = 0$
- d) $\Rightarrow \Delta U = Q > 0$
- e). $W > 0$ car $V_f < V_i$.
- f). $\Delta U = Q + W \Rightarrow Q = \Delta U - W < 0$
- g). Sur le cycle, $\Delta U = 0 \Rightarrow \Delta U_{C\to A} < 0$ pour que ça soit possible
- h). $W_{A\to C} = W_{A\to B} + \underset{\uparrow \text{ isochore}}{0} + W_{C\to A} = -20 \cdot (3-1) + 0 \underset{\uparrow \text{ compression}}{+} \frac{1}{2} \cdot (40+20) \cdot 2 = -40 + 60 = \underline{\underline{+20\,J}}$

71

Chaud $\xrightarrow{Q}$ $\xrightarrow{Q}$ froid

$T_c = 650\,K$ $T_f = 350\,K$

$\Delta S_{univers} = \Delta S_{chaud} + \Delta S_{froid} = \frac{-Q}{T_c} + \frac{Q}{T_f}$

$= 1200\left(\frac{1}{350} - \frac{1}{650}\right) \cong \underline{1{,}6\ J/K}$

72

$Q = 24'500\,J$

$T_c = 294\,K$

$T_f = 258\,K$

$\Delta S_{univers} = \Delta S_{maison} + \Delta S_{extérieur}$

$= \frac{-24'500}{294} + \frac{24'500}{258} \cong \underline{\underline{11{,}6\ J/K}}$