

P : πίεση $\text{Pa}, \text{kPa}, \text{MPa}, \text{atm}, \text{bar}$ ①
 $10^3 \text{Pa} \quad 10^6 \text{Pa}$

ρ : πυκνότητα kg/m^3 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{v}$

m : μάζα kg

V : όγκος m^3, L

$$1 \text{L} = \frac{1}{1000} \text{m}^3$$

A : επιφάνεια (ή εμβαδόν) $\text{m}^2, \frac{\text{cm}^2}{(10^{-2} \text{m})^2}$

L : μήκος $\text{m}, \text{dm}, \text{cm}, \text{mm}$
 $10^{-1} \text{m} \quad 10^{-2} \text{m} \quad 10^{-3} \text{m}$

$\dot{m}$: παροχή μάζας kg/s $\dot{m} = \rho v A = \frac{1}{v} v A$

$\dot{V}$: παροχή όγκου m^3/s $\dot{V} = v A$

v : ταχύτητα m/s

ν : ειδικός όγκος m^3/kg

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$$

T : θερμοκρασία $\text{K}, ^\circ\text{C}$
 $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$

$$\Delta T(\text{K}) = \Delta T(^{\circ}\text{C})$$

g : επιτάχυνση βαρύτητας m/s^2 $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

n : αριθμός mol
(ποσότητα ύλης)

$$\begin{array}{lcl}
 C_p : \text{ειδική θερμότητα} & \text{υπό σταθ. πίεση} & \textcircled{2} \\
 C_v : \text{---} & \text{---} & \text{υπό σταθ. όγκο} \\
 \gamma = k = \frac{C_p}{C_v} & & \left. \begin{array}{l} \text{Για} \\ \text{σταθερή} \\ \text{θερμοκρασία} \end{array} \right\} \\
 C_p = C_v + R & &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 h : \text{ενθαλπία} & \text{kJ/kg} & \\
 s : \text{εντροπία} & \text{kJ/kgK} & \\
 u : \text{εσωτερική ενέργεια} & \text{kJ/kg} &
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} h \\ s \\ u \end{array}} \right\} \text{Από Πίνακες}$$

Καταστατική Εξίσωση (Ιδανικά Αέρια) $\left(\frac{PV}{T} = \text{σταθ}\right)$

$$\underbrace{PV = uRT}_{\text{Ανάλογα με τις μονάδες του R.}} \quad \text{ή} \quad PV = mRT$$

$$\frac{PV}{V} = \frac{mRT}{V} \Rightarrow P = \rho RT$$

$$\frac{PV}{m} = \frac{mRT}{m} \Rightarrow P_v = RT$$

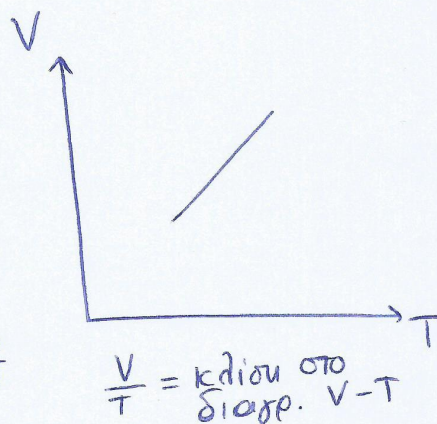
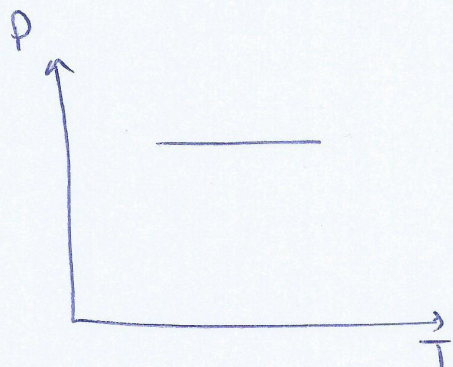
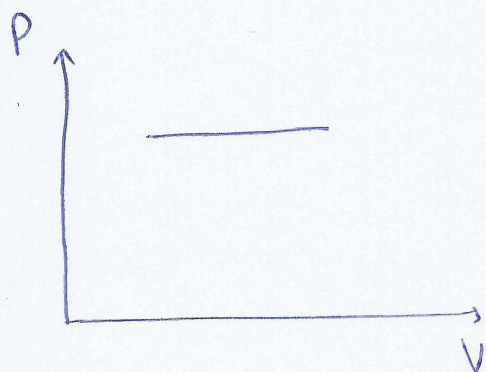
Ισοβαρής Διεργασία ($P = \text{σταθ.}$)

(3)

$$\frac{V}{T} = \text{σταθ.}$$

$$1 \rightarrow 2 \quad P_1 = P_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

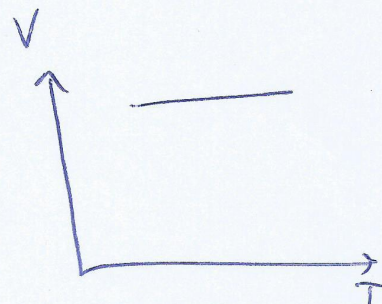
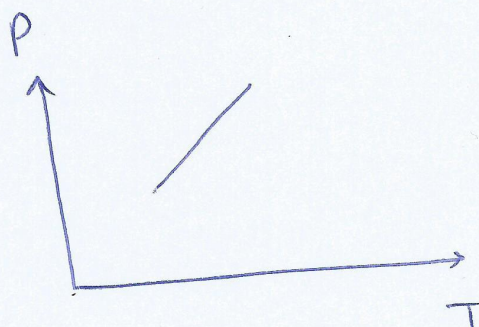
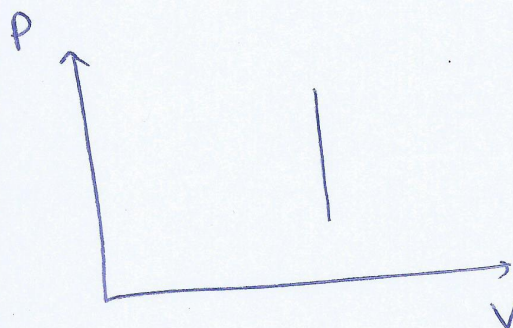


Ισόχωρη Διεργασία ($V = \text{σταθ.}$)

$$\frac{P}{T} = \text{σταθ.}$$

$$1 \rightarrow 2 \quad V_1 = V_2$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

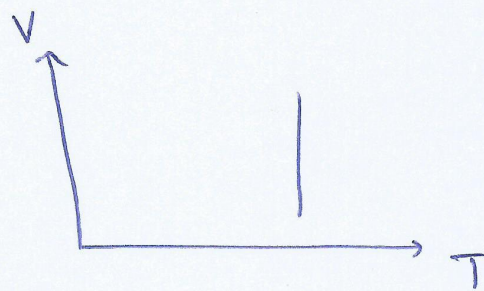
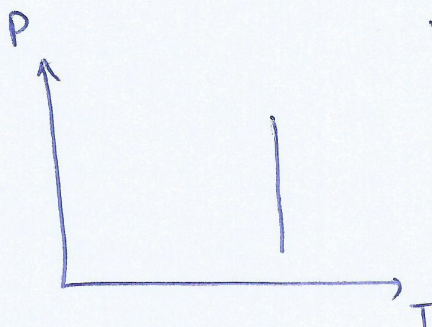
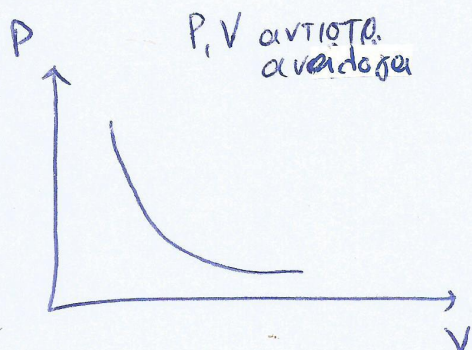


Ισόθερμη Διεργασία ($T = \text{σταθ.}$)

$$PV = \text{σταθ.}$$

$$1 \rightarrow 2 \quad T_1 = T_2$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$



Αδριαβατική Διεργασία ($Q = 0$)

(4)

$$\left. \begin{array}{l} PV^\gamma = \text{σταθ.} \\ TV^{\gamma-1} = \text{σταθ.} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Όταν } \gamma, C_p, C_v \text{ σταθερά.} \\ \text{Αν δεν είναι } \frac{PV}{T} = \text{σταθ.} \end{array}$$

Θερμότητα ($Q, \dot{Q}, q$)

$$Q : \text{J ή kJ}$$

$$\dot{Q} : \text{W ή kW} \quad \left(1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{W}\right)$$

$$q : \frac{\text{J}}{\text{kg}} \text{ ή } \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

(ανά μονάδα μάζας)

$$\dot{Q} = \dot{m}q$$

$$Q = mq$$

Έργο/Ισχύς ($W, \dot{W}, w$)

$$W : \text{J ή kJ}$$

$$\dot{W} : \text{W ή kW}$$

$$w : \frac{\text{J}}{\text{kg}} \text{ ή } \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

(ανά μονάδα μάζας)

$$\dot{W} = \dot{m}w$$

$$W = mw$$

Ενεργειακό Ισοζύγιο ($\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$)

$$\dot{Q}_1 + \dot{W}_1 + \dot{m}_1 \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 \right) = \dot{Q}_2 + \dot{W}_2 + \dot{m}_2 \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 \right)$$

Ισοζύγιο Μάζας

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out}$$

Υπολογισμός ΈργουΓενική μορφή

$$W = \int_1^2 P dV$$

• Ισοβαρής διεργασία

$$W = P(V_2 - V_1)$$

• Πολυτροπική διεργασία

$$W = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - n} \quad (PV^n = \text{σταθ})$$

n : πολυτροπικός βαθμός αδιόδοσης

• Ισοθερμή διεργασία

$$W = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

• Ισόχωρη διεργασία

$$W = 0$$

Γενικά: $Q - W = \Delta U$

Ισοθερμες Διεργασίες: $\Delta U = 0 \Rightarrow Q = W$

Αδιαβατικές Διεργασίες: $Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -W$

Κυκλικές Διεργασίες: $\Delta U = 0 \Rightarrow Q = W$

ή $W = W_{12} + W_{23} + W_{31}$

Τις χρησιμοποιώ όταν c_p, c_v , ή σταθερά.

$$\Delta U = m c_v \Delta T \quad \text{ή} \quad n c_v \Delta T$$

$$\Delta H = m c_p \Delta T \quad \text{ή} \quad n c_p \Delta T$$

$$Q = m c_p \Delta T \quad \text{ή} \quad n c_p \Delta T$$

Αντίδοξα
με τις μονάδες
του c_p
και του c_v .

$$\Delta H = \Delta U + V \Delta P \quad \text{για αδιαβατικές}$$

ΘΕΜΑ 1 (Ιούλιος 2015)

⑥

$$\frac{PV}{T} = \text{σταθ.} \quad V \uparrow \Rightarrow \frac{P}{T} \downarrow$$

$\frac{P}{T}$ = κ διου στο διάγραμμα P-T, άρα ελαττώνεται.

ΘΕΜΑ 1 (Σεπτ. 2015)

$$n = \frac{10}{R} \text{ mol}$$

1 → 2 Ισοβαρής Εκτόνωση

2 → 3 Αδιαβατική Εκτόνωση

$$P_1 = 2 \text{ atm}$$

$$P_2 = P_1$$

$$P_3 = \frac{P_1}{32}$$

$$V_1 = 20 \text{ Lt}$$

$$V_2 = 40 \text{ Lt}$$

(T₃)

ΘΕΜΑ 2 (Σεπτ. 2015)

$$P_1 = 270 \text{ kPa}$$

$$V_1 = V_2 = V = 50 \text{ Lt}$$

$$P_2 = 300 \text{ kPa}$$

$$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$\Delta U = ;$$

$$C_p = 1.0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$M_{\text{Beir}} = 29 \text{ g/mol (Μοριακό Βερος)} \rightarrow 1 \text{ mol} = 29 \text{ g} \quad \text{ü}$$

$$1 \text{ g} = \frac{1}{29} \text{ mol}$$

$$C_p = C_v + R \Rightarrow C_v = C_p - R$$

$$C_p = 1.0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} = 1.0 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} = 1.0 \frac{\text{J}}{\frac{1}{29} \text{ mol} \cdot \text{K}}$$

$$C_p = 29.0 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

(7)

$$C_v = C_p - R = (29.0 - 8.314) \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \Rightarrow$$

$$C_v = 20.686 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$\Delta U = n C_v \Delta T$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$P_1 V = n R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{P_1 V}{n R}$$

$$P_2 V = n R T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P_2 V}{n R}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U = n C_v \left(\frac{P_2 V}{n R} - \frac{P_1 V}{n R} \right) \\ \Delta U = \frac{n C_v \cdot V}{n R} (P_2 - P_1) \end{array} \right\}$$

$$\Delta U = \frac{C_v}{R} \cdot V (P_2 - P_1) = \frac{20.686 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \cdot 50 \text{ L} (300 - 270) \text{ K}$$

$$\Delta U = 3732 \text{ L} \cdot \text{kPa}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3$$

$$\Delta U = 3732 \frac{1}{1000} \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ Pa}$$

$$\Delta U = 3732 \text{ J}$$

ΘΕΜΑ 2 (Ιανουάριος 2015)

⑧

$$m = 10 \text{ kg}$$

$$P_1 = 1000 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 1 \text{ m}^3$$

$$P = \frac{1000}{V^2} \quad (P: \text{kPa}, V: \text{m}^3)$$

$$V_2 = 5 \text{ m}^3$$

$$a) P_2 = \frac{1000}{V_2^2} = \frac{1000}{25} = 40 \text{ kPa}$$

$$P = \frac{1000}{V^2} \Rightarrow PV^2 = 1000$$

Ποδοτρωνική με $n=2$

$$W_{12} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - n} = \frac{40 \text{ kPa} \cdot 5 \text{ m}^3 - 1000 \text{ kPa} \cdot 1 \text{ m}^3}{1 - 2}$$

$$W_{12} = 800 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 \Rightarrow W_{12} = 800 \text{ kJ}$$

b) $T(P)$, $T-P$

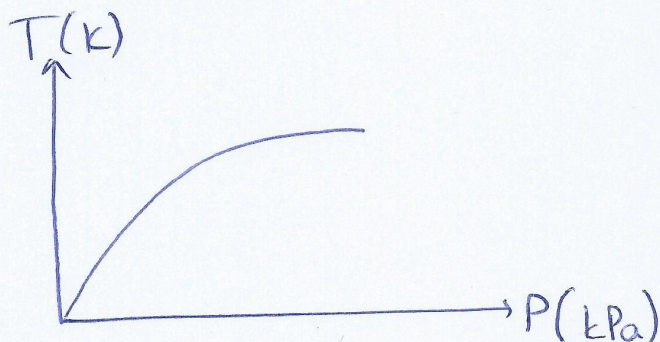
$$PV^2 = 1000$$

$$PV = mRT \Rightarrow V = \frac{mRT}{P} \left. \begin{array}{l} PV^2 = 1000 \\ PV = mRT \end{array} \right\} P \cdot \frac{m^2 R^2 T^2}{P^2} = 1000$$

$$\frac{m^2 R^2 T^2}{P} = 1000 \Rightarrow T^2 = \frac{1000 P}{m^2 R^2} \Rightarrow$$

$$T = \frac{\sqrt{1000}}{m \cdot R} \cdot \sqrt{P}$$

$$T = 11 \sqrt{P}$$



$$\gamma) Q = m C_p \Delta T$$

9

$$T_1 = 11 \sqrt{1000} = 347.85 \text{ K}$$

$$T_2 = 11 \sqrt{40} = 69.57 \text{ K}$$

$$C_p = C_v + R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \Rightarrow C_p = \gamma C_v \Rightarrow C_v = \frac{1}{\gamma} C_p$$

$$C_p = \frac{1}{\gamma} C_p + R$$

$$C_p \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) = R$$

$$C_p \frac{\gamma - 1}{\gamma} = R$$

$$C_p = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R = \frac{\frac{5}{3}}{\frac{5}{3} - 1} 0.287 \frac{\text{kJ} \cdot \text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$C_p = 0.7175 \frac{\text{kJ} \cdot \text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$Q = 10 \text{ kg} \times 0.7175 \frac{\text{kJ} \cdot \text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times (69.57 - 347.85) \text{ K}$$

$$Q = -1996.659 \text{ kJ}$$

Ιουνιος 2016 : ΘΕΜΑ 1

Ιανουάριος 2016 : -//- 1

Σεπτ. 2015 : -//- 1

$$V_1 = 2 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 4 \text{ bar}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

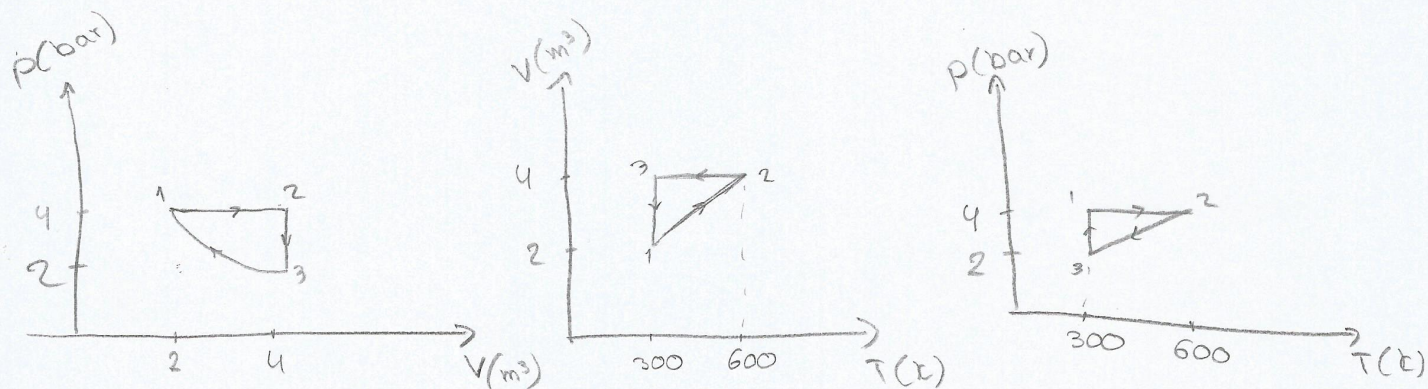
α) ισοβαρής εκτόνωση (1→2) ($T_2 = 600 \text{ K}$)

β) ισοχωρή ψύξη (2→3)

γ) ισοθερμή συμπίεση (3→1)

ΘΕΜΑ 2 (ΙΟΥΝΙΟΣ 2015)

υ.β. P, V, T



(1→2)

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = \frac{2 \cdot 600}{300} = 4 \text{ m}^3$$

$$P_1 = P_2 = 4 \text{ bar}$$

(2→3)

$$V_2 = V_3 = 4 \text{ m}^3$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} \Rightarrow \frac{4 \text{ bar}}{600} = \frac{P_3}{300} \Rightarrow P_3 = \frac{300 \cdot 4}{600} = 2 \text{ bar}$$

(3→1)

$$T_3 = T_1 = 300 \text{ K}$$