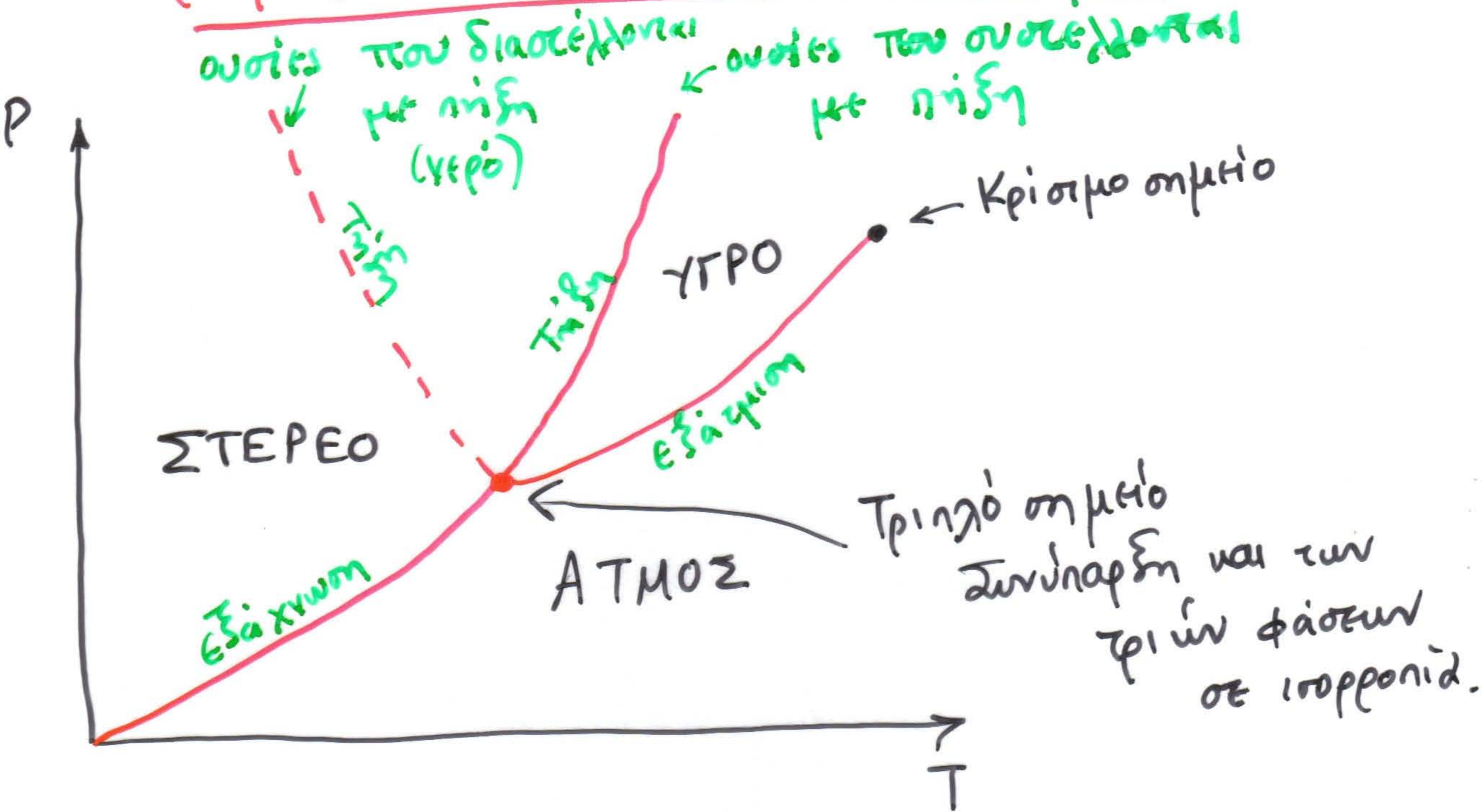


Το διάγραμμα P-T μιας υαδαρής ουσίας
 (συμπύκνωση και της αερέας φάσης)

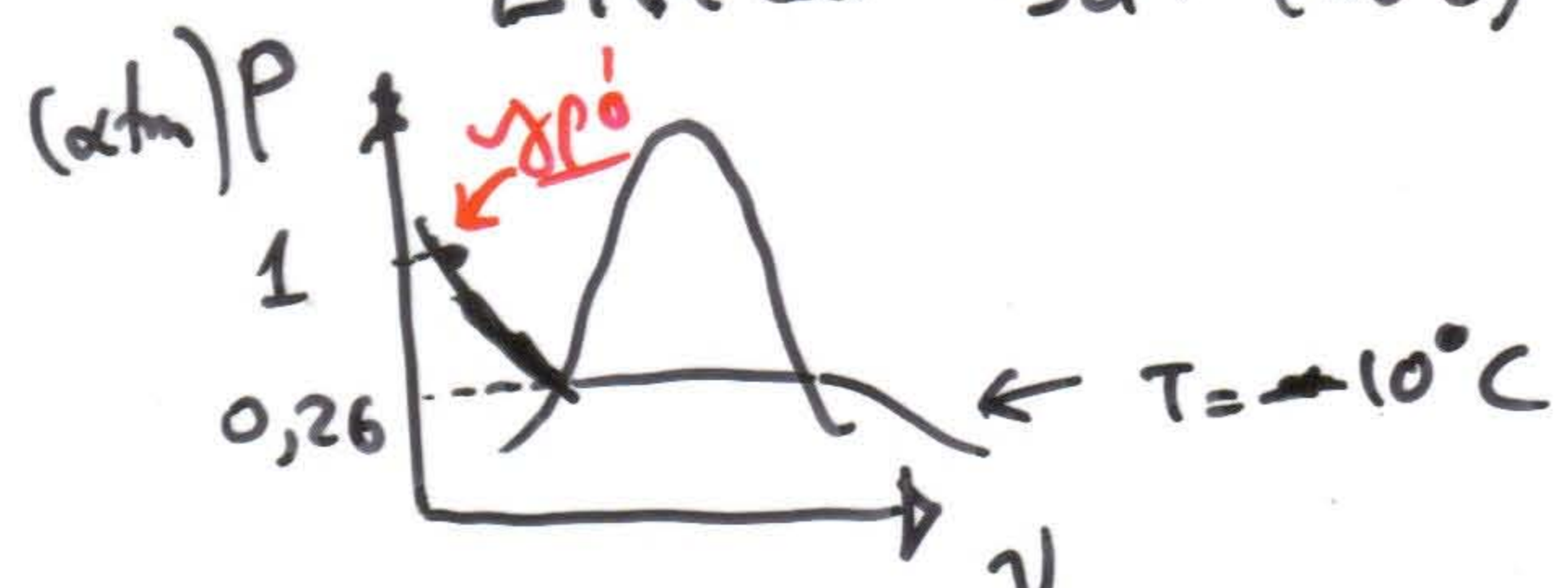


Εφαρμογή: Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
 $T_{tr} = 216,5 K$ $P_{tr} = 517 kPa$

Όταν $P = P_{atm} = 101 kPa$ το αερέο CO_2 μπορεί να γίνει αέριο μόνο με εξάχνωση

Γενικά, όταν $P < P_{tr}$ τότε για υαδαρή ουσία δεν είναι δυνατό να υφίσταται σε υψηλή υαδάσωση. Στερεά εξατμίζονται χωρίς προηγουμένως να υφροποιηθούν. (όταν $P < P_{tr}$)

Εφαρμογή: Είναι δυνατή η ύπαρξη υδρατμού σε $-10^\circ C$; (όε $P = 1 atm$)
 Δίνεται $P_{sat}(10^\circ C) = 0,26 kPa$



Πίεση αερίων και ισορροπία φάσεων

Πίεση ενός αερίου μέσα σ' ένα δοχείο εξαρτάται από την πυκνότητα (ρ) και τη θερμοκρασία (T) του αερίου
Αύξηση αριθμού + σφαιρότητα συγκρούσεων μορίων αερίου με τοιχώματα δοχείου καθ' ην ρ και T αυξάνουν.

Πίεση αερίου μίγματος: \uparrow ισορροπία πιέσεων των αερίων
τα μεμονωμένα αέρια ονομαζόμενα 1, 2, 3... που είναι $P_1, P_2, P_3 \dots$ αντίστοιχα

$$P_{ολ} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

P_i ανάλογη τα n_i (αριθμού moles της αέριας ουσίας)

Ατμοσφαιρικός αέρας: Μίγμα ξηρού αέρα (N_2, O_2, \dots) + Ατμική υγρασία (υδροαέρι)
 $P_{atm} = P_a + P_v$
(Πίεση αερίων ή Τάση αερίων)

Συνήθως $\frac{P_v}{P_{atm}} < 3\%$

Ποσό ποσού αερίων σε φυσική + ατμοσφαιρική διεργασία

Σχετική υγρασία, $\Phi\%$ αέρα = $\frac{\text{Ποσό συστατημένη υγρασίας}}{\text{Μέγιστο (max) ποσό υγρασίας που τμήρη να συστατημένη}} = f(T)$ 100%

$\Phi\%$: 0 (ξηρός αέρας) έως 100 (υφιστάμενος αέρας με $H_2O(g)$)

Όταν αέρας υγρασμένος με $H_2O(g)$ (υδρατμός)

$$\text{τότε } P_{\text{ατμών νερού}} = P_v = P_{\text{sat @ T}}$$

Πίεση υατσμού του νερού σε η συγκρημνή θερμοκρασία (T)

Προσσηή: $P_{\text{sat}} = f(T)$ δηλ. P_{sat} εάρταται από T

$$\Phi = \frac{P_v}{P_{\text{sat @ T}}} \Rightarrow P_v = \Phi \cdot P_{\text{sat @ T}}$$

Αρα P_v καθορίζεται από Φ και T (P_{sat})

Π.χ. $P_{\text{sat, 25°C}} = 3,17 \text{ kPa}$
Οότε αν $\Phi = 60\%$ $\Rightarrow P_v = 0,6 \cdot 3,17 \text{ kPa} = 1,90 \text{ kPa}$

Με γρήνη P_{sat} αυεάηεται ότι ο αέρας μπορεί να αυηρατήση με γρήνητη maximum υγρασία

Αλλά P_{sat} αυδάνη με T \Rightarrow Αρα ο αέρας μπορεί να αυηρατήση ηηροσσητη max υγρασία σε μεγρήνητη θερμοκρασία T.

Εφαρμογή: Μείωση Τ υγρασίας αέρα
 ↓
 Μείωση "χωρητικότητας" σε υγρασία
 ↓
 Συμπύκνωση μέρους υγρασίας ως ομίχλη ή δροσιά
 (αιωρούμενα σταγονίδια νερού) (υπό σφύξη σε υγρή επιφάνεια)

Ομίχλη + δροσιά εξατμίζονται με την αναστολή του παύου και την άνοδο της θερμοκρασίας.

Διάχυση: Διεργασία ροής ύλης από περιοχή υψηλής συγκέντρωσης προς περιοχή χαμηλότερης συγκέντρωσης.

↳ Η διαφορά συγκέντρωσης ως κινητήρια δύναμη για ροή ύλης.

Εξαρτάται από τη διαφορά συγκέντρωσης (Δc) ανάμεσα στις δύο φάσεις της ουσίας που ρέει.

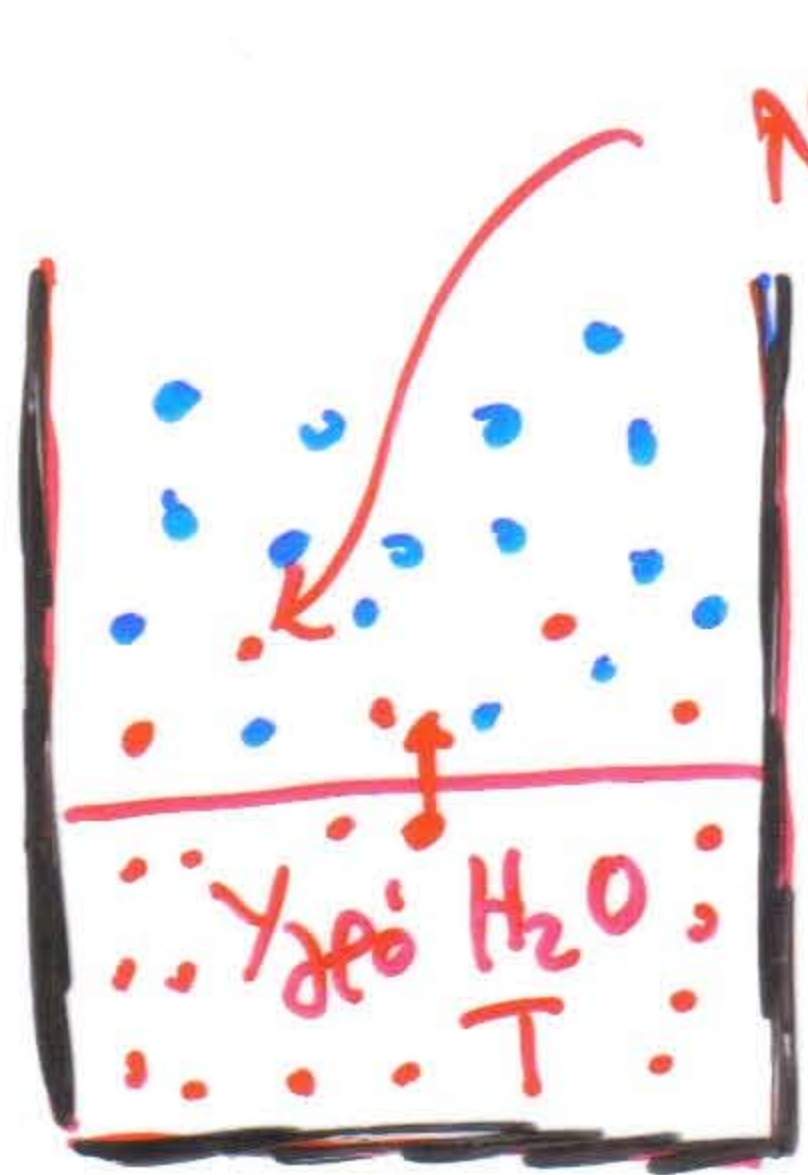
Π.χ. Κορίνθια σε ανοιχτό μπλουζάκι
 Βρεγμένο ρούχο σε ανοιχτό χώρο. Αν $\phi = 100\%$ τότε η μυρωδιά δεν θα εξατμίζεται ποτέ. Αν ϕ χαμηλή εξατμίζεται πιο εύκολα

Ροή παρακάτω όταν επέρχεται ισορροπία φάσεων (εξίσωση συγκέντρωσης)

Για το νερό από ομπόνη

$$P_v = P_{sat, νερού @ T}$$

Αν $P_v < P_{sat, νερού @ T} \Rightarrow$ Εξάτμιση νερού συνεχίζεται



Νερό σε κατάσταση ατμών.

Η εξάτμιση συνεχίζεται

όσο $P_v < P_{sat, νερού @ T}$

↓
Πίεση ατμών

Ρυθμός εξάτμισης ανάλογος με $\Delta P = P_{sat} - P_v$

Εξάτμιση → Μειώνει τη θερμοκρασία του υγρού νερού →

→ Μειώνεται η P_{sat} → Μειώνεται η ΔP

→ Μείωση ρυθμού εξάτμισης μέχρι επίτευξη ισορροπίας.

Εφαρμογή: Ίσωση θερμοκρασίας μιας λίμνης λόγω εξάτμισης

Ταίρα πάνω από λίμνη = 25°C - Γνωρίζουμε $P_{sat, νερού, 25^\circ C} = 3,17 \text{ kPa}$

Αν σχετική υγρασία αέρα είναι α) $\phi_1 = 10\%$, β) $\phi_2 = 80\%$ γ) $\phi_3 = 100\%$

Να υπολογιστεί η $T_{νερού, λίμνης}$ αφού επέλθει ισορροπία φάσεων ανάμεσα στο νερό της λίμνης και τον ατμό του αέρα.

10%
 $\phi = 0,1 \rightarrow P_{v_1} = 0,1 \cdot 3,17 \text{ kPa} = 0,317 \text{ kPa}$

Ισορροπία φάσεων σημαίνει ότι $P_v = P_{sat, νερού @ T}$

Δηλαδή πρέπει $P_{sat, νερού @ T} = 0,317 \text{ kPa} \Rightarrow$

$\Rightarrow T_{νερού} \approx -8^\circ C$

Άρα το νερό της λίμνης θα παγώσει!

Στην πράξη όχι κυρίως μεταφορά θερμότητας από υπερψυχτό αέρα και υποψυχτό νερό.

Δυνάμια εφάρμογής

$$Av \phi_2 = 80\% \Rightarrow P_{v_2} = 0,8 \cdot 3,17 \text{ kPa} = 2,536 \text{ kPa}$$

$$T_2 \approx 21^\circ\text{C}$$

$$Av \phi_3 = 100\% \Rightarrow P_{v_3} = 1,0 \cdot 3,17 \text{ kPa} = 3,17 \text{ kPa}$$

\Rightarrow Νερό της λίμνης έχει θερμοκρασία ίση με αυτήν του περιβάλλοντος $T_3 = 25^\circ\text{C} \Rightarrow$

Εφαρμογή: $T_{\text{περιβ.}} = 20^\circ\text{C}$, $\phi = 60\%$
 $P_{\text{sat, νερό @ } 20^\circ\text{C}} = 2,34 \text{ kPa}$

Λίμνη έχει νερό θερμοκρασίας $T_{\text{λίμ.}} = 15^\circ\text{C}$ ($P_{\text{sat, νερό @ } 15^\circ\text{C}} = 1,71 \text{ kPa}$)

Θα υποσχη εξάχνωση το νερό της λίμνης; Αν ναι, ποια θα είναι η θερμοκρασία της λίμνης σε ανώτερη ισορροπία;

Έχουμε P_v (δηλ. πίεση ατμών πάνω από λίμνη) $= \phi \cdot P_{\text{sat, νερό @ } 20^\circ\text{C}} \Rightarrow$

$$P_v = 0,6 \cdot 2,34 \text{ kPa} = 1,4 \text{ kPa}$$

Άρα $P_v = 1,4 \text{ kPa} < P_{\text{sat, νερό @ } 15^\circ\text{C}} = 1,71 \text{ kPa}$

\Rightarrow Άρα το νερό της λίμνης θα υποσχη εξάχνωση

Η εξάχνωση θα σταματήσει όταν $P_v = 1,4 \text{ kPa} = P_{\text{sat, νερό @ } T}$

Από πίνακες βρίσκουμε ότι $P_{\text{sat, νερό @ } T} = 1,4 \text{ kPa}$ όταν $T \approx 11,8^\circ\text{C} \rightarrow$ Νέα θερμοκρασία νερού λίμνης.

Πίνακας

T(°C)	P _{sat} (kPa)
10	1,23
15	1,71

Για $P_{\text{sat}} = 1,4 \text{ kPa} \Rightarrow T \approx 11,8^\circ\text{C}$
Γως το βρίσκουμε αυτό;
ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ

Λυμένο παράδειγμα: Θεωρήστε δύο ίδια δωμάτια. Το ένα (A) έχει 25°C και φ = 40%. Το άλλο (B) έχει 20°C και σχετική υγρασία 55%. Ποιο από τα δύο έχει μεγαλύτερη ποσότητα υγρασίας; Δίνονται P_{sat}: 20°C: 2,34 kPa, 25°C: 3,17 kPa (τάση)

Η ποσότητα της υγρασίας είναι ανάλογη της πίεσης των ατμών, P_v.

Δωμάτιο A: $P_{v,A} = \phi_A \cdot P_{sat,25^\circ C} = 0,4 \cdot 3,17 \text{ kPa} = 1,268 \text{ kPa}$

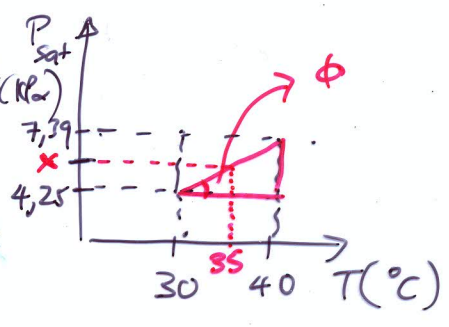
Δωμάτιο B: $P_{v,B} = \phi_B \cdot P_{sat,20^\circ C} = 0,55 \cdot 2,34 \text{ kPa} = 1,287 \text{ kPa}$

$P_{v,B} > P_{v,A} \Rightarrow$ Κατά συνέπεια το δωμάτιο B έχει μεγαλύτερη ποσότητα υγρασίας.

Λυμένο παράδειγμα Μια θερμή καλοκαιρινή νύχτα ο αέρας έχει θερμοκρασία 35°C. Κάποιος ισχυρίζεται ότι η τάση ατμών του αέρα είναι 6,5 kPa. Είναι βέβαιος ο ισχυρισμός του; Δίνεται P_{sat}, 30°C = 4,25 kPa, P_{sat}, 40°C = 7,39 kPa.

Πρέπει να βρούμε την P_{sat} του νερού στις 35°C.

Μέθοδος της γραμμικής παρεμβολής:



Κλίση ενθάλμης = $\epsilon \phi \phi = \frac{7,39 - 4,25}{40 - 30} = \frac{x - 4,25}{35 - 30} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{3,14}{10} = \frac{x - 4,25}{5} \Rightarrow 10(x - 4,25) = 15,7 \Rightarrow$

$\Rightarrow x - 4,25 = 1,57 \Rightarrow x = 5,82 \text{ kPa}$

P_{sat}, 35°C = 5,82 kPa. Άρα ακόμα και αν φ = 100%

$\Rightarrow P_{v,max} = 5,82 \text{ kPa} (< 6,5 \text{ kPa}).$

Δεν είναι δυνατόν η P_v, 35°C να είναι μεγαλύτερη από την P_{sat}, 35°C

Καταστατική Εξίσωση των Ιδανικών Αερίων

38

Αέριο: Η φάση αερίων μιας ουσίας όταν η θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την κρίσιμη (T_c)

Ατμός: Το αέριο δεν βρίσκεται μακριά από το σημείο συμπύκνωσης.

Ιδανικό αέριο:
α) Τα μόρια κατέχουν αμελητέο όγκο
β) Τα μόρια δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους

Προσμοιάζει στο ιδανικό αέριο, η συμπεριφορά πολλών αερίων σε ~~από~~ υψηλές θερμοκρασίες ή σε αρκετά χαμηλές πιέσεις.
(τότε τα μόρια έχουν χαμηλά πυκνότητες)

Καταστατική εξίσωση: Κάθε εξίσωση που συνδέει την θερμοκρασία, την πίεση και τον ειδικό όγκο μιας ουσίας.

$$P \cdot v = R \cdot T$$

Καταστατική εξίσωση
ιδανικών αερίων

v = ειδικός όγκος

$$R = \frac{R_u}{M}$$

όπου

$$R_u = 8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$$
$$= 0,082 \frac{\text{lt} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Παράγοντα σταθερά αερίων

Διαφορετική για
κάθε αέριο

M : Μοριακό βάρος σε gr
(gr/mol) ή (kg/kmol)

$$P \cdot V = N \cdot R_u \cdot T$$

Άλλες μορφές της Κ.Ε. των ιδανικών αερίων

$$\left. \begin{aligned} P \cdot v &= R \cdot T \\ v &= \frac{V(\text{όγκος})}{m(\text{μάζα})} \end{aligned} \right\} \Rightarrow P V = m R T$$

$$m = M \cdot N$$

\downarrow \downarrow
 Μ.Β. Αριθμός moles

$$\rightarrow P \cdot V = M \cdot N \cdot R \cdot T \quad \left\{ \begin{aligned} R &= \frac{R_u}{M} \end{aligned} \right. \Rightarrow P \cdot V = M \cdot N \frac{R_u}{M} T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{P \cdot V = N \cdot R_u \cdot T}$$

Αν δέσουμε $\bar{v} = \frac{V}{N}$ (μοριακός ειδικός όγκος) $\Rightarrow \boxed{P \cdot \bar{v} = R_u \cdot T}$

Για συγκριτική κατάσταση $\Rightarrow \boxed{\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}}$

Στις συνθήκες με πραγματικό ενδιαφέρον πολλά γνωστά αέρια ($\text{αέρας}, \text{N}_2, \text{O}_2, \text{H}_2, \text{He}, \text{Ar}, \text{Ne}, \text{Kr}, \text{CO}_2$) μπορούν να θεωρηθούν ως ιδανικά με σφάλτα $< 1\%$

Αλλά, αέρια με υψηλή πυκνότητα π.χ. υδρατμός σε θερμοκρασίες κοντά στο σημείο βρασμού, ψυκτικά ρευστά ψυγίων όχι ιδανικά. Χρήση Πινάκων Ιδιοτήτων



Ανηχημένη πίεση $P_R = \frac{P}{P_{cr}}$

Ανηχημένη θερμοκρασία $T_R = \frac{T}{T_{cr}}$

Ένα αέριο μπορεί να θεωρηθεί ότι συμπεριφέρεται ως ιδανικό όταν

1) $P_R << 1$ δηλ. σε χαμηλές πιέσεις ανεξάρτητα από την T

2) $T_R > 2$ δηλ. υψηλές θερμοκρασίες ανεξάρτητα από την πίεση (εφόσον αν $P_R \gg 1$ δηλ. πολύ μεγάλης πίεσης)

Γενικά, η θερμοκρασία και η πίεση για μία ουσία θεωρείται υψηλή ή χαμηλή πάντα σε σχέση με την T_{cr} και P_{cr} .

Π.χ. η θερμοκρασία $T = -100^\circ C$

για το N_2 είναι μία υψηλή θερμοκρασία επειδή $T_{cr, N_2} = -147^\circ C$ δηλ. σε $T = -100^\circ C$ το N_2 συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο

για το CO_2 , η $T = -100^\circ C$ είναι μία πολύ χαμηλή θερμοκρασία επειδή $T_{cr, CO_2} = 31^\circ C$