

# Υγρασία



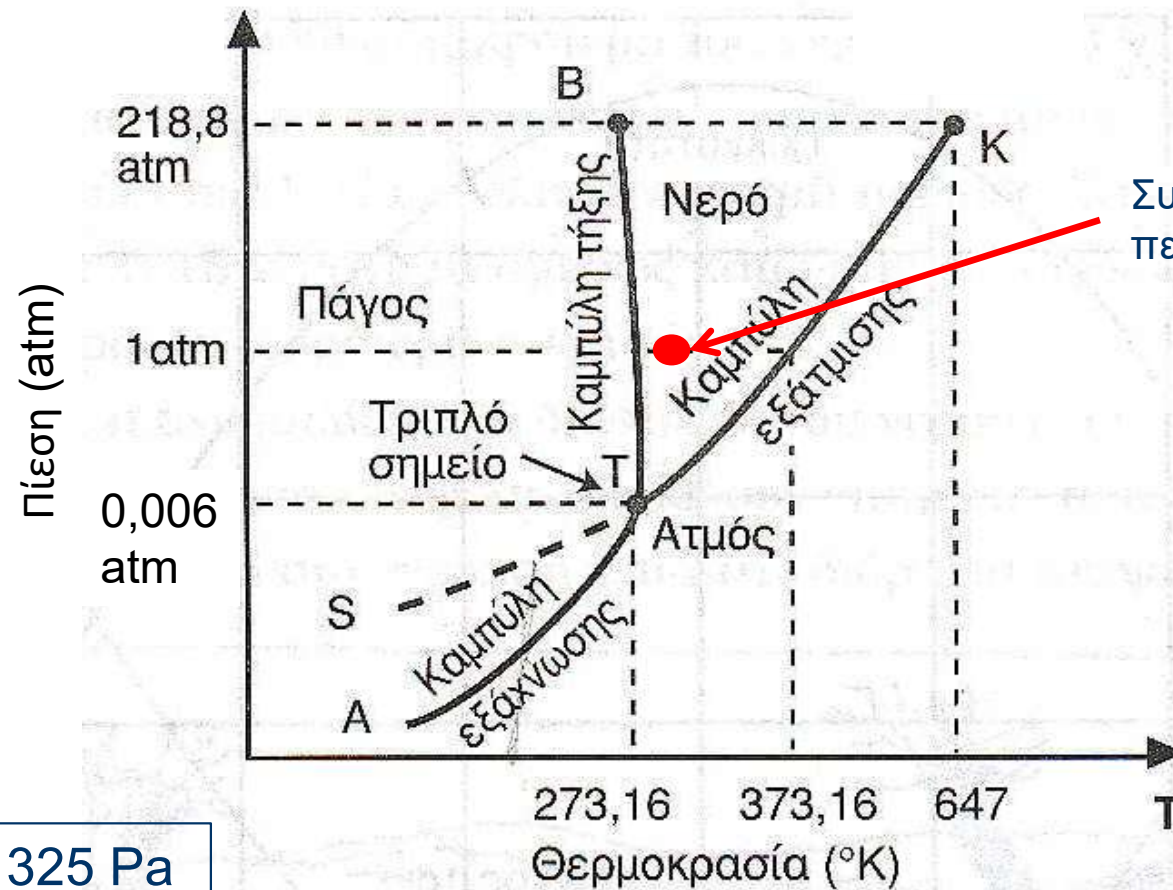
# Υγρασία και συμπύκνωση στο εσωτερικό θερμοκηπίου



Η αυξημένη σχετική υγρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου προκαλεί συμπύκνωση στα ψυχρότερα στοιχεία της κατασκευής όπως είναι το κάλυμμα κατά τη διάρκεια της νύχτας

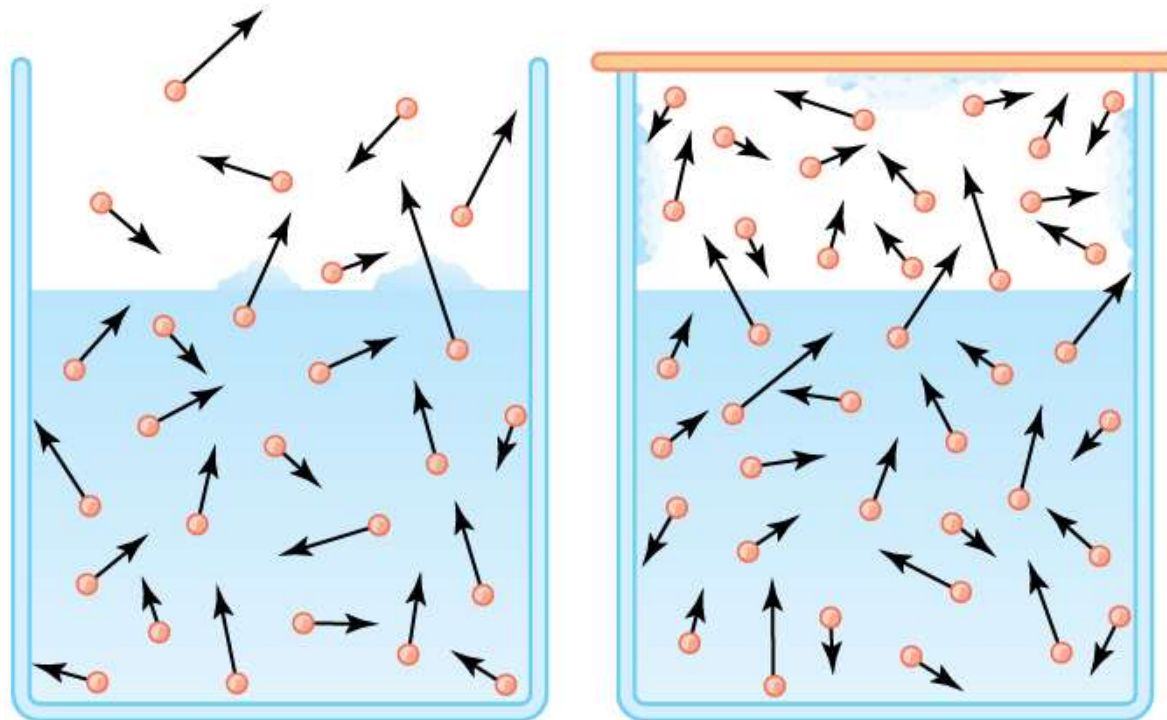


# Διάγραμμα φάσεων του νερού

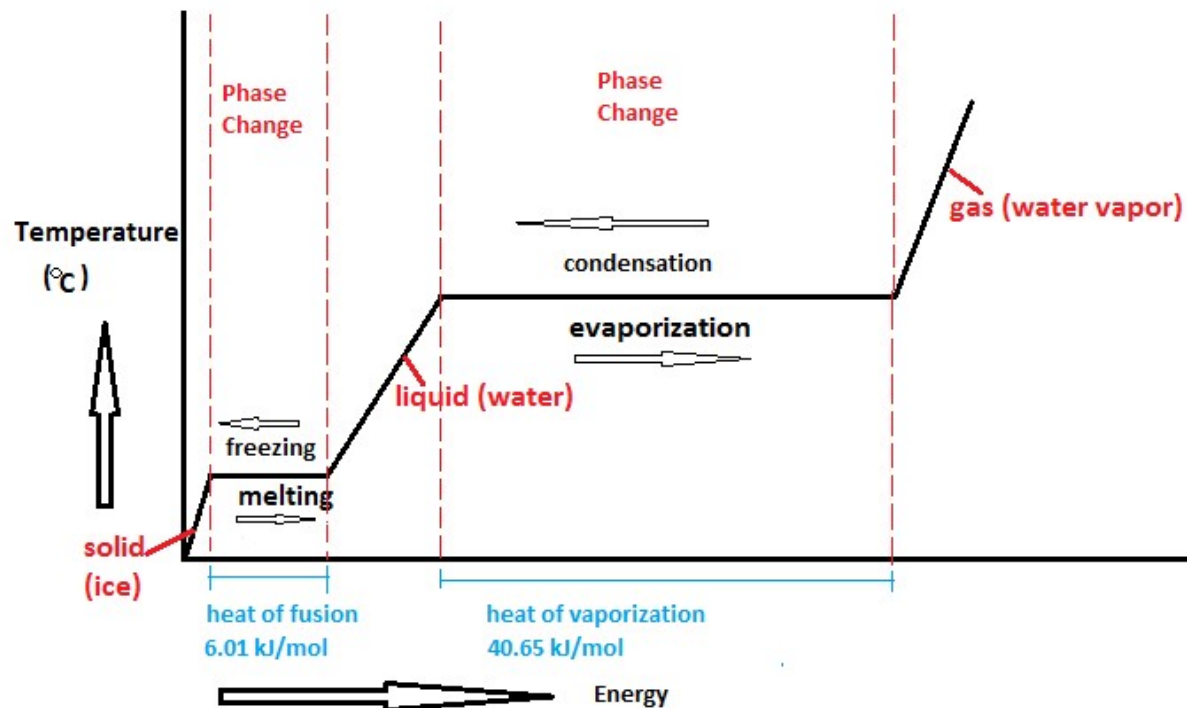


1 atm = 101325 Pa

# Κορεσμός - συμπύκνωση



# Αλλαγή φάσης - Λανθάνουσα θερμότητα



Κατά τη διάρκεια αλλαγής φάσης η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Η ενέργεια (θερμότητα) καταναλώνεται για την αλλαγή φάσης και γι αυτό λέγεται **λανθάνουσα θερμότητα**

# Αλλαγή φάσης - Λανθάνουσα θερμότητα

$$Q_L = h_L m_{wv}$$

$Q_L$  : λανθάνουσα θερμότητα (J)

$h_L$  : ειδική λανθάνουσα θερμότητα (J kg<sup>-1</sup>)

$m_{wv}$  : μάζα υδρατμών που εξατμίστηκαν

- Κατά την **εξάτμιση** η λανθάνουσα θερμότητα απορροφάται από το περιβάλλον προκαλώντας **ψύξη**.
- Κατά τη **συμπύκνωση** η λανθάνουσα θερμότητα αποδίδεται στο περιβάλλον προκαλώντας **θέρμανση**.

Ειδική λανθάνουσα θερμότητα πήξης του νερού: **335 kJ/kg**

Ειδική λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού: **2260 kJ/kg**

# Υδρονέφωση



Οι σταγόνες είναι τόσο μικρές που εξατμίζονται πριν φτάσουν στα φύλλα των φυτών

Νέφος από πολύ μικρές σταγόνες δημιουργείται με μπεκ που λειτουργούν σε υψηλή πίεση (50-100 bar)





# Ψύξη με διαβρεχόμενο τοίχωμα

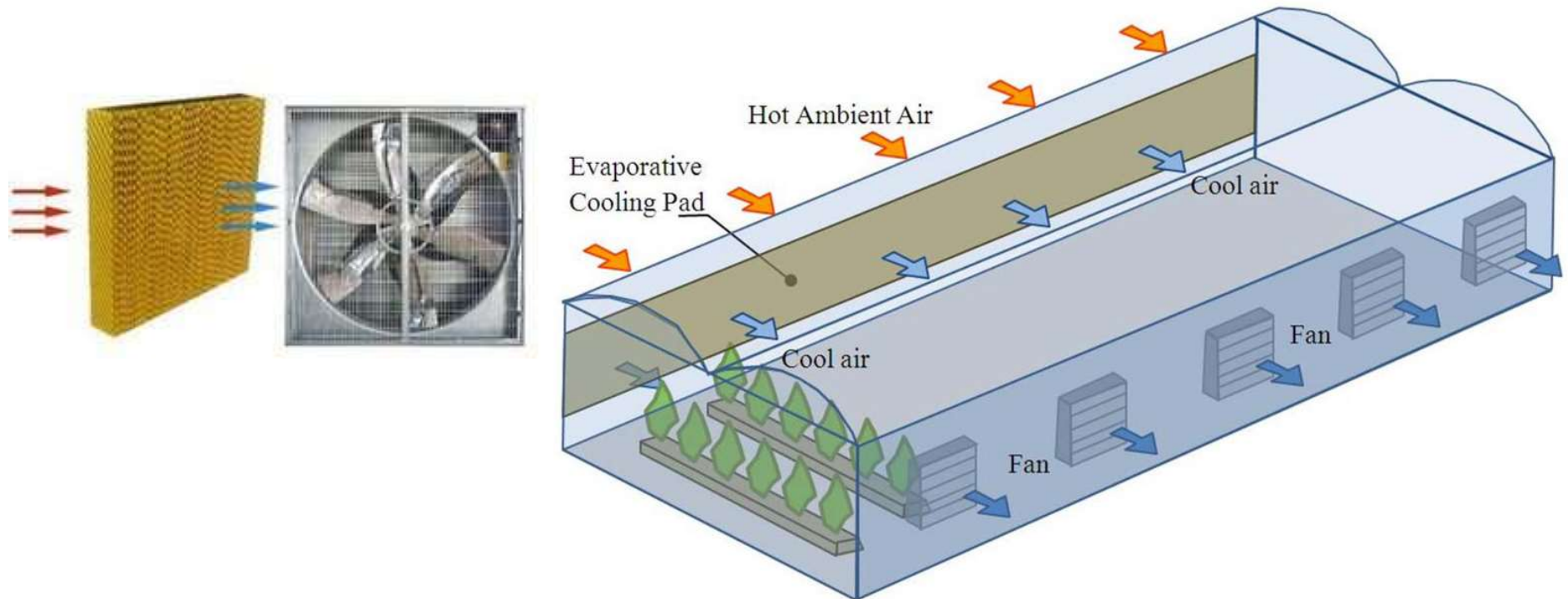


Συνθετικό απορροφητικό υλικό με κυψελοειδή δομή

Το διαβρεχόμενο τοίχωμα είναι φτιαγμένο από πορώδες απορροφητικό υλικό που μπορεί να συγκρατεί μεγάλη ποσότητα νερού ενώ επιτρέπει τη διέλευση του αέρα



# Δυναμικός αερισμός σε συνδυασμό με διαβρεχόμενη παρειά



Ανεμιστήρες απάγουν τον εσωτερικό θερμό αέρα δημιουργώντας υποπίεση. Ξηρός εξωτερικός αέρας ωθείται προς το θερμοκήπιο μέσω του υγρού τοιχώματος.

# Νόμος ιδανικών αερίων

$$PV = nRT$$

**P** : Πίεση (Pa)

**V** : Όγκος ( $m^3$ )

**T** : Θερμοκρασία (K)

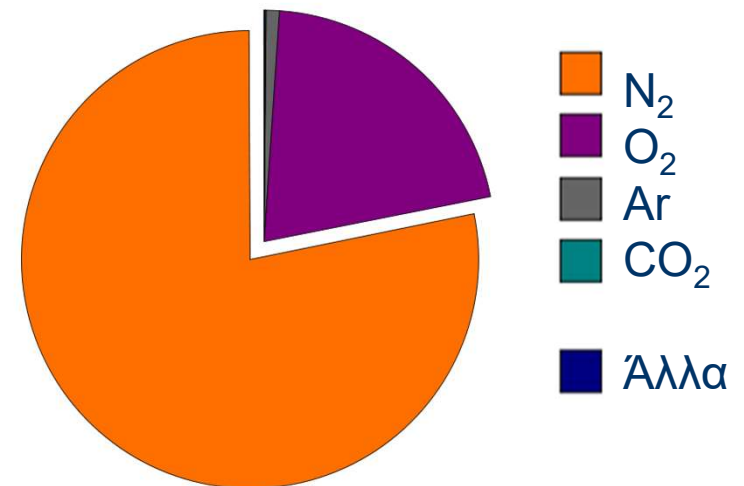
**n** : ποσότητα αερίου σε γραμμομόρια (mol)

**R** : σταθερά των ιδανικών αερίων ( $8.314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

$$\text{Pa} = \text{N m}^{-2} = \text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

# Μείγματα αερίων



Ατμόσφαιρα

# Μερική πίεση αερίων



O<sub>2</sub>  
πίεση  
159 mm Hg



N<sub>2</sub>  
πίεση  
593 mm Hg

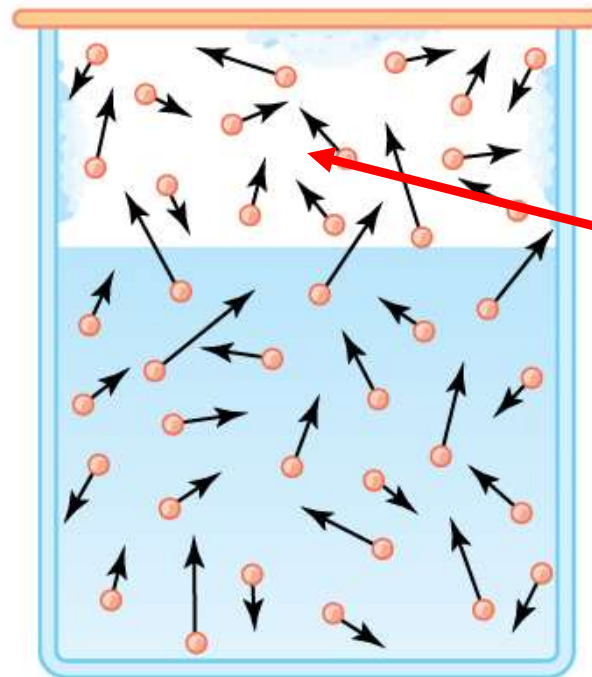


N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>  
πίεση  
752 mm Hg

$$(P_N + P_O)V = (n_N + n_O)RT$$

$P_i$  : μερική πίεση του αερίου  $i$

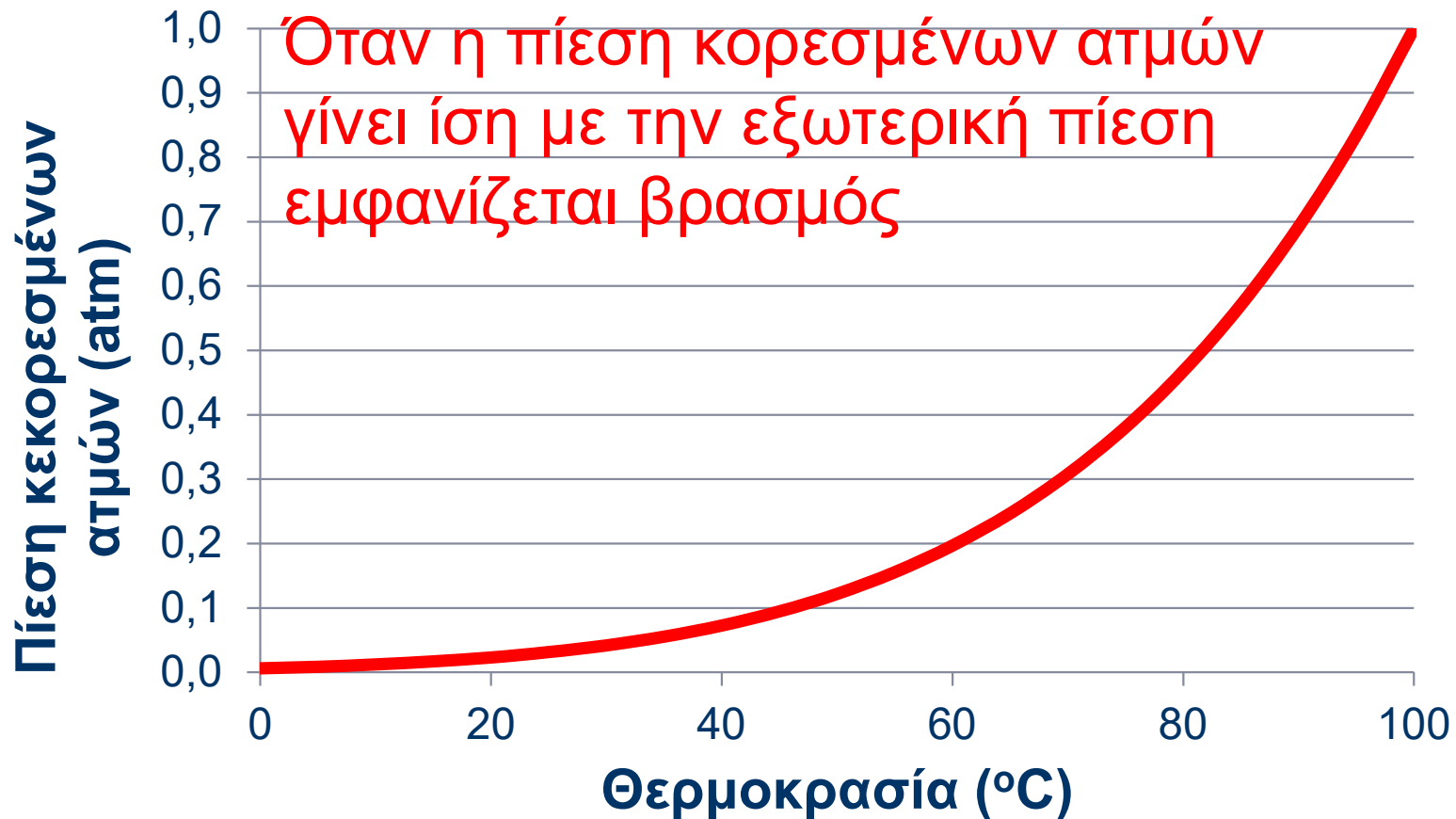
# Μερική πίεση κορεσμένων ατμών



$P_s$  : Μερική  
πίεση  
κορεσμού

Η μερική πίεση αερίου λέγεται μερική πίεση (τάση) κορεσμένων ατμών  $P_s$  όταν συνυπάρχει και η υγρή φάση αυτού του υλικού

# Πίεση κορεσμένων ατμών





# Σχετική υγρασία – Ποσοστό υγρασίας

$$RH = \frac{P}{P_s}$$

Σχετική υγρασία. RH (%) είναι ο λόγος της μερικής πίεσης υδρατμών προς τη πίεση των κεκορεσμένων υδρατμών

$$HR = \frac{m_{wv}}{m_{dryair}} = \frac{P MW_w}{(P_{atm} - P) MW_{air}}$$

Ποσοστό υγρασίας. HR (%) είναι ο λόγος της μάζας των υδρατμών προς τη μάζα του ξηρού αέρα που τους περιέχει.  
MW είναι το μοριακό βάρος

# Σημείο (θερμοκρασία) δρόσου (DP)

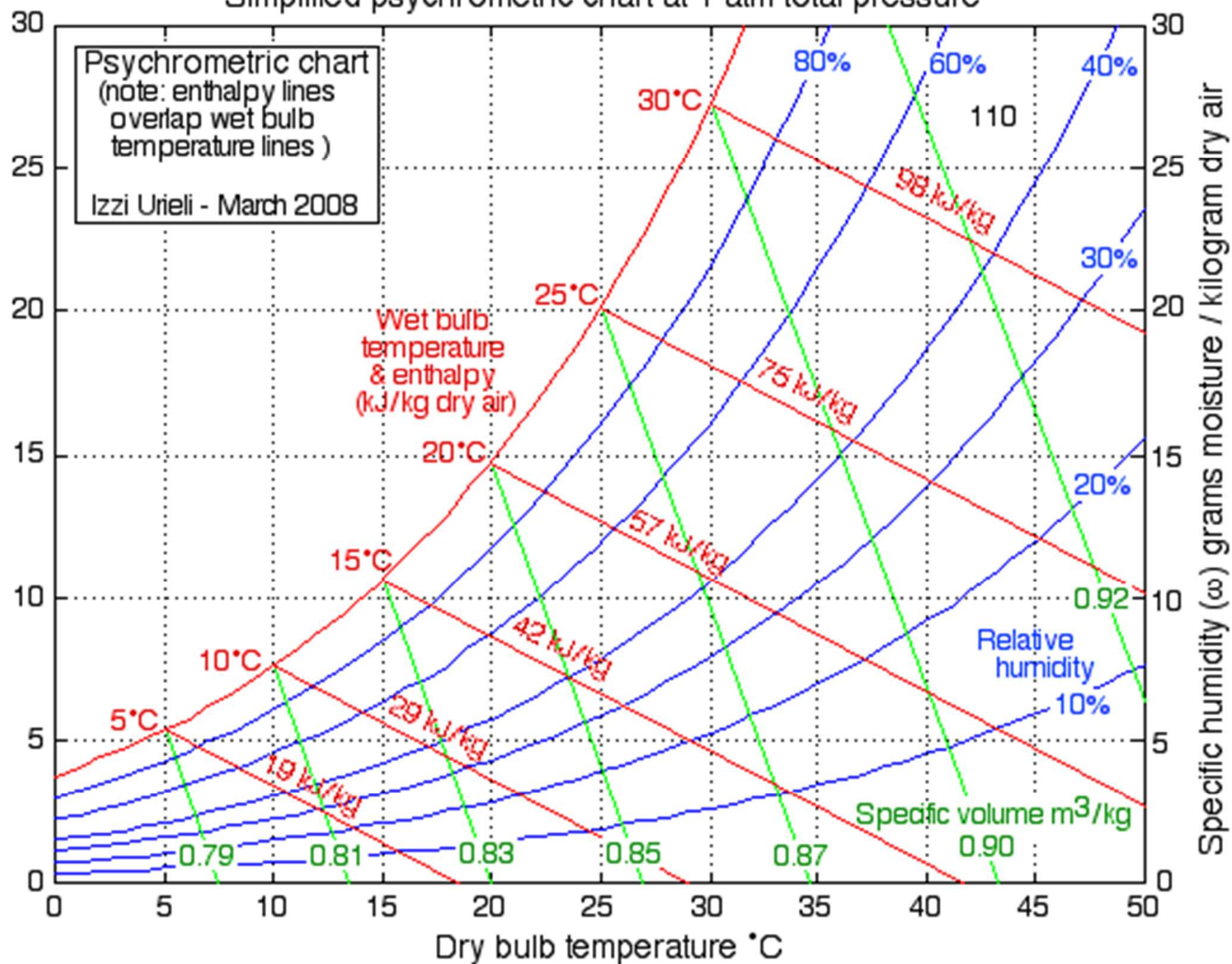
- Σημείο δρόσου (DP) είναι η θερμοκρασία κάτω από την οποία οι υδρατμοί συμπυκνώνονται για συγκεκριμένο ποσοστό υγρασίας (HR)
- Όταν η θερμοκρασία του χώρου είναι ίση με DP, η σχετική υγρασία είναι 100%

# Θερμοκρασία υγρού βολβού (WBT)

Ένας άλλος τρόπος προσδιορισμού της υγρασίας του αέρα είναι η θερμοκρασία που μετράται με θερμόμετρο που διαβρέχεται από νερό.

Θερμοκρασία υγρού βολβού (WBT) είναι η θερμοκρασία που επιτυγχάνεται **λόγω εξάτμισης** σε περιβάλλον όπου σχετική υγρασία είναι συγκεκριμένη. Η **WBT είναι μέτρο της σχετικής υγρασίας RH.**

Simplified psychrometric chart at 1 atm total pressure



# Ψυχομετρικό διάγραμμα

<http://www.sugartech.co.za/psychro/index.php>

Inputs			Outputs	
Unit Chosen:	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> IP		
Parameter Name	Value	Unit	Atmospheric Press	1.0132387597 bar
Dry Bulb Temp.:	<input type="text" value="25"/>	<input type="text" value="C"/>	Sat. Vapor Press.	<input type="text" value="31.692083982 mbar"/>
Wet Bulb Temp.:	<input checked="" type="radio"/> <input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="C"/>	Partial Vapor Press.	<input type="text" value="20.120497385 mbar"/>
Relat. Humidity:	<input type="radio"/> <input type="text" value="63.487454458"/>	<input type="text" value="%"/>	Humidity Ratio	<input type="text" value="0.0126016707 kg/kg"/>
Dew Point Temp	<input type="radio"/> <input type="text" value="17.618183404"/>	<input type="text" value="C"/>	Enthalpy	<input type="text" value="57.221918029 kJ/kg"/>
Altitude	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="m"/>	Specific Volume	<input type="text" value="0.8608901561 m3/kg"/>
<input type="button" value="Calculate"/>			<input type="button" value="©"/>	

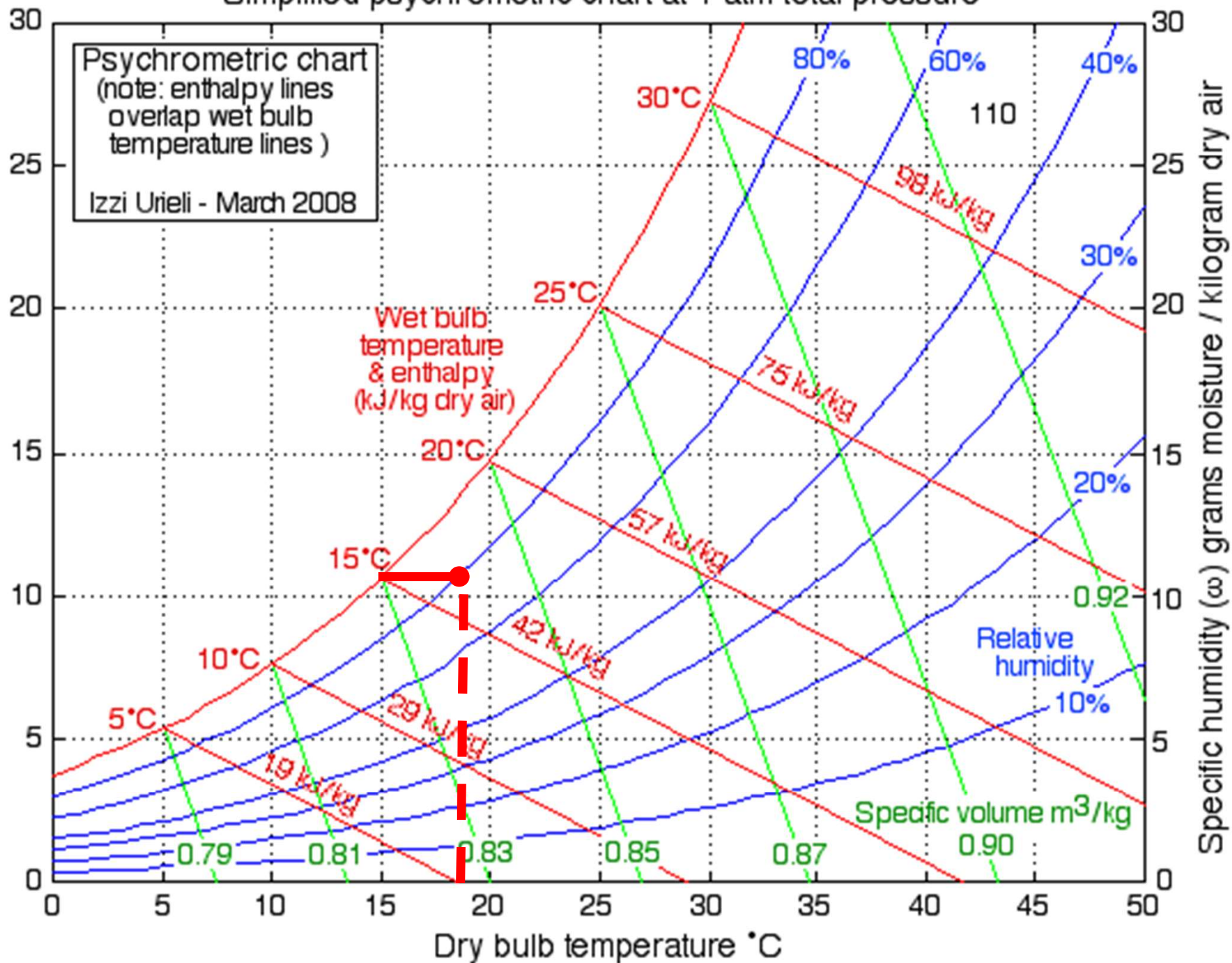
# Αφύγρανση με ψύξη



Ψυχρές μεταλλικές επιφάνειες χρησιμοποιούνται ως σημεία συμπύκνωσης των υδρατμών.



Simplified psychrometric chart at 1 atm total pressure



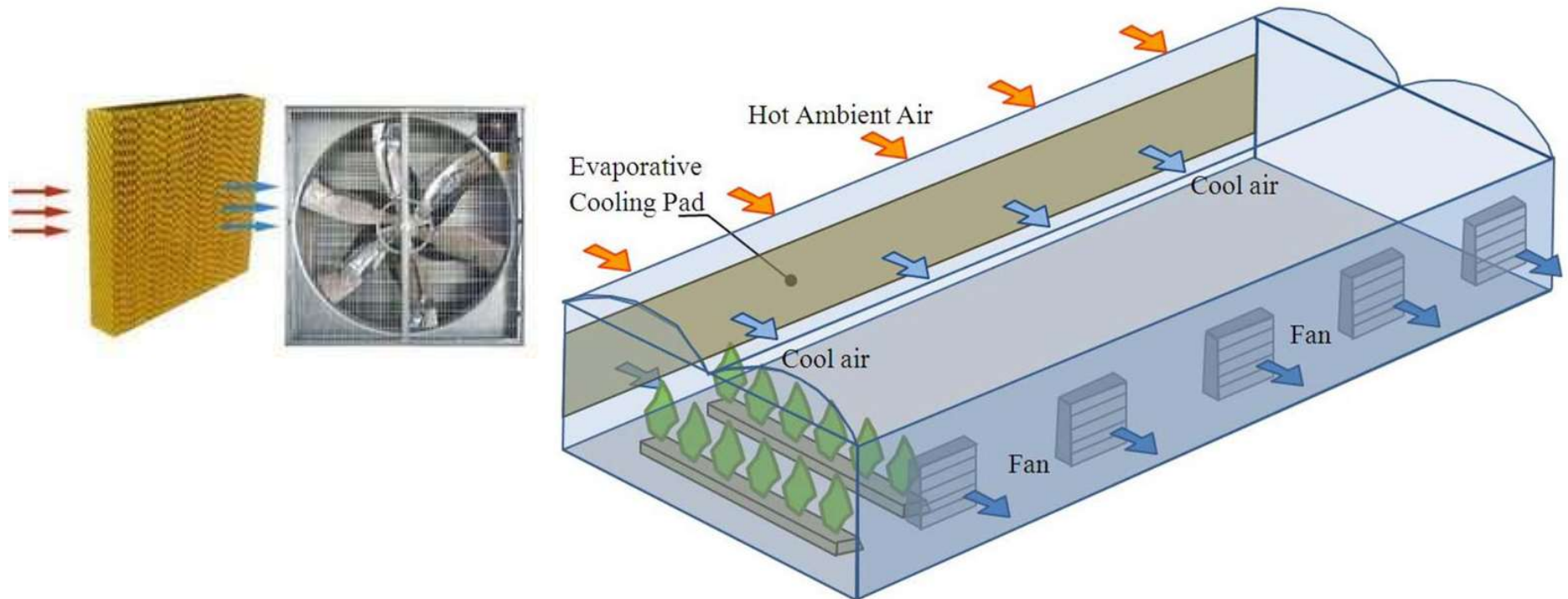
# Ψύξη με διαβρεχόμενο τοίχωμα



Συνθετικό απορροφητικό υλικό με κυψελοειδή δομή

Το διαβρεχόμενο τοίχωμα είναι φτιαγμένο από πορώδες απορροφητικό υλικό που μπορεί να συγκρατεί μεγάλη ποσότητα νερού ενώ επιτρέπει τη διέλευση του αέρα

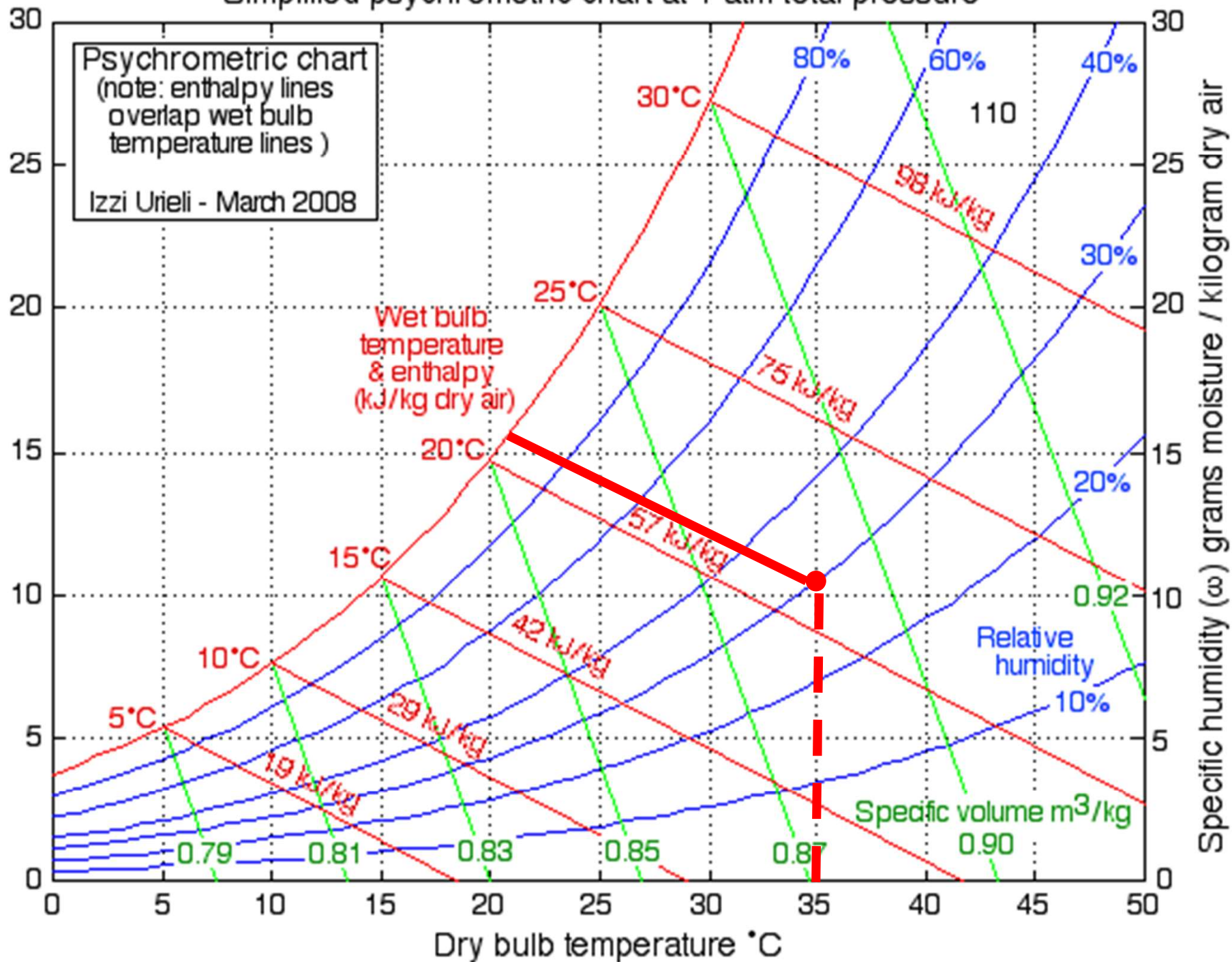
# Δυναμικός αερισμός σε συνδυασμό με διαβρεχόμενη παρειά



Ανεμιστήρες απάγουν τον εσωτερικό θερμό αέρα δημιουργώντας υποπίεση. Ξηρός εξωτερικός αέρας ωθείται προς το θερμοκήπιο μέσω του υγρού τοιχώματος.



Simplified psychrometric chart at 1 atm total pressure



# Διαπνοή



Η διαπνοή αυξάνει την υγρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου

Η εξάτμιση νερού στην επιφάνεια των φύλλων απορροφά θερμότητα



# Αντίσταση επιφάνειας φύλλου στη διαπνοή

Η διαπνοή εξαρτάται από:

1. Τη προσπίπτουσα **ακτινοβολία**, τη **σχετική υγρασία** και τη θερμοκρασία
2. Τα **φυσιολογικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του φύλλου**
3. Το δείκτη επιφάνειας φύλλων του φυτού (LAI)



# Ρυθμός διαπνοής

$$qm_{wv} = \frac{I_{sun}}{r_r} + \frac{(1 - RH)}{r_h}$$

$qm_{wv}$ : ένταση ροής υδρατμών ( $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )

$RH$ : σχετική υγρασία (%)

$I_{sun}$ : ένταση ηλιακής ακτινοβολίας ( $\text{W m}^{-2}$ )

$r_r$ : αντίσταση επιφάνειας φύλλου στην ακτινοβολία ( $\text{J kg}^{-1}$ )

$r_h$ : αντίσταση επιφάνειας φύλλου στη διαφορά πίεσης υδρατμών ( $\text{kg}^{-1} \text{m}^2 \text{s}$ )

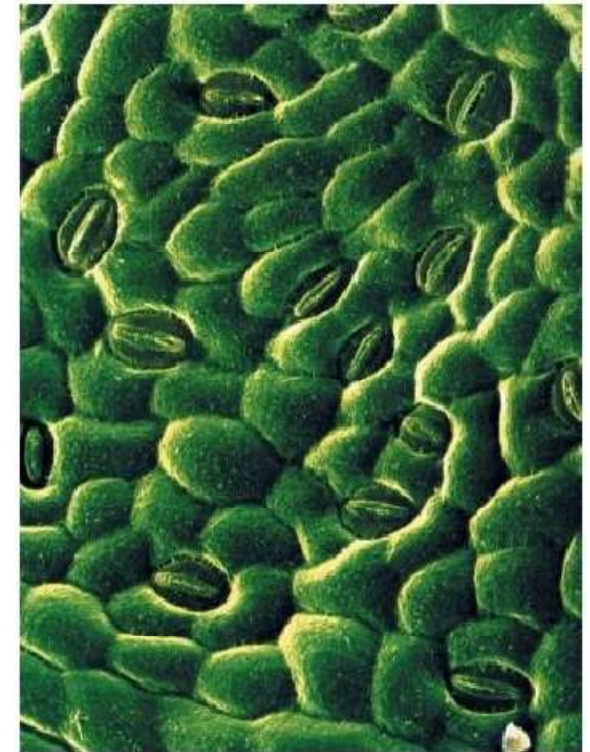
# Αντίσταση επιφάνειας φύλλου στη διαπνοή

Οι τιμές των παραμέτρων  $r_r$  και  $r_h$  εξαρτώνται από το είδος του φυτού και τη πυκνότητα των φύλλων (LAI).

Περίπτωση **ντομάτας**:

$$r_r = \frac{h_L}{0,154 \ln(1 + 1,1LAI^{1,13})}$$

$$r_h = \frac{h_L \gamma}{P_s 1,65LAI \left( 0,56 e^{-\frac{I_{sun}}{1,12}} \right)}$$



$\gamma$  είναι η ψυχομετρική σταθερά (Pa K<sup>-1</sup>)

# Λανθάνουσα θερμότητα λόγω διαπνοής

$$q_L = h_L \frac{I_{sun}}{r_r} + \frac{h_L (1 - RH)}{r_h}$$

$q_L$ : ένταση ροής λανθάνουσας θερμότητας ( $J m^{-2} s^{-1}$ )

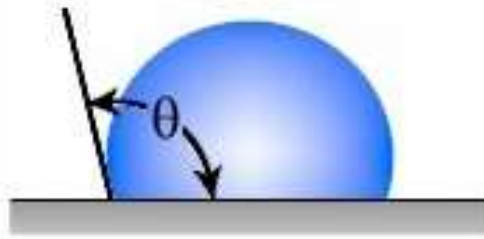
$RH$ : σχετική υγρασία (%)

$I_{sun}$ : ένταση ηλιακής ακτινοβολίας ( $W m^{-2}$ )

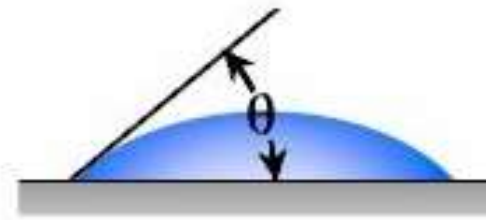
$r_r$ : αντίσταση επιφάνειας φύλλου στην ακτινοβολία ( $J kg^{-1}$ )

$r_h$ : αντίσταση επιφάνειας φύλλου στη διαφορά τάση υδρατμών ( $kg^{-1} m^2 s$ )

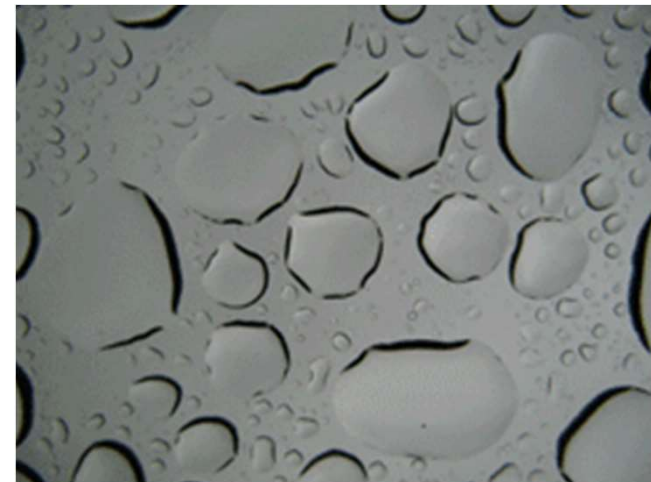
# Επιφανειακή τάση



Υδρόφοβη επιφάνεια

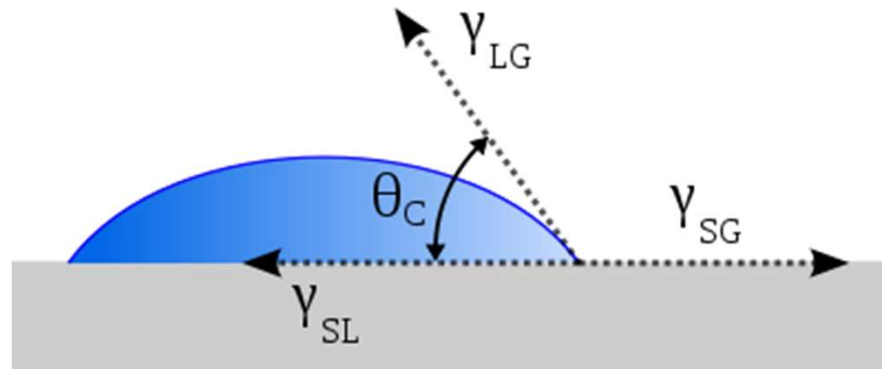


Υδρόφιλη επιφάνεια



# Γωνία επαφής

Η τάση μιας επιφάνειας να διαβρέχεται από ένα υγρό (wetting) περιγράφεται από τη γωνία επαφής



$$\gamma_{SG} - \gamma_{SL} = \gamma_{LG} \cos(\theta_c)$$

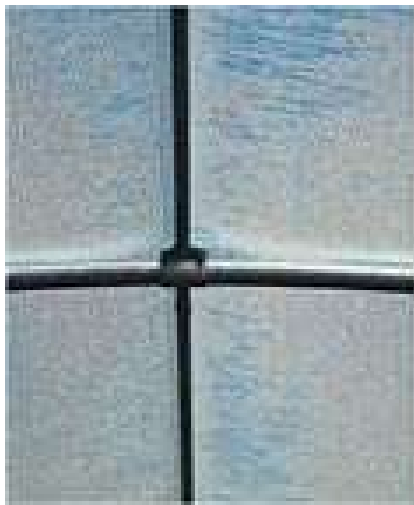
$\gamma_{SG}$  : ενέργεια επαφής αερίου - στερεού

$\gamma_{SL}$  : ενέργεια επαφής υγρού - στερεού

$\gamma_{LG}$  : ενέργεια επαφής αερίου - υγρού (επιφανειακή τάση υγρού)



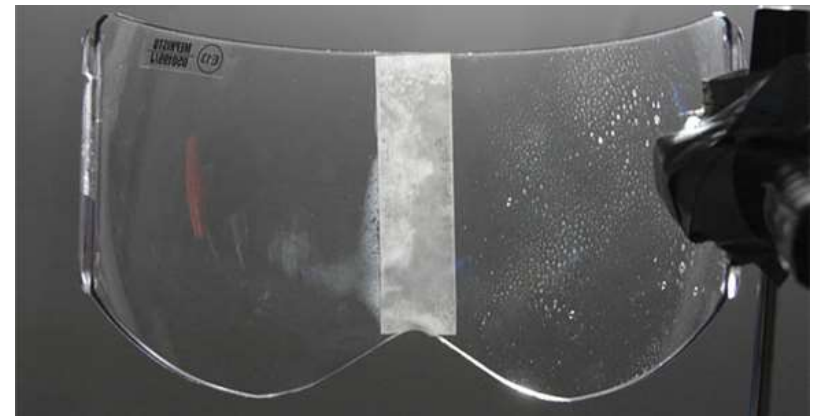
# Υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων που διαβρέχονται από το νερό



Χωρίς



Με



Με

Χωρίς

Τα υλικά κάλυψης θερμοκηπίων (φίλμ πολυαιθυλενίου) περιέχουν πρόσθετα που αυξάνουν την ενέργεια επαφής του με το νερό και κάνουν το ΡΕ να διαβρέχεται.

# ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ - ΑΦΥΓΡΑΝΣΗ

1. Μείωση της σχετικής υγρασίας με αερισμό
2. Αφύγρανση με ψύξη
3. Αφύγρανση με χημικά μέσα

# Αφύγρανση με αερισμό

$$F_{\text{gas}} = (C_{\text{gas-in}} - C_{\text{gas-out}}) F_v$$

Χρησιμοποιούμε τη ροή αερισμού για να διώξουμε τον υγρό αέρα και να τον ανανεώσουμε με ξηρότερο

Ο εισερχόμενος αέρας είναι πιθανόν κρύος, οπότε πρέπει να ζεσταθεί. Αυτό αυξάνει τη κατανάλωση ενέργειας

a) Wind Speed



# Σύστημα ανάκτησης μέρους της θερμότητας του εξερχόμενου αέρα



Ο θερμός εξερχόμενος αέρας χρησιμοποιείται για να θερμάνει το εισερχόμενο

# Αφύγρανση με ψύξη



Ψυχρές μεταλλικές επιφάνειες χρησιμοποιούνται ως σημεία συμπύκνωσης των υδρατμών.



# Αφύγγρανση με υδρο- απορροφητικά υλικά

1. Γύψος ( $\text{CaSO}_4$ )
2. Χλωριούχο ασβέστιο ( $\text{CaCl}_2$ )
3. Silica ( $\text{SiO}_2$ )

