



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ**  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ  
& ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ των ΦΥΤΩΝ

ΑΣΚΗΣΗ 3<sup>η</sup>

# Η υδατική κατάσταση του φυτικού κυττάρου: σπαργή-πλασμόλυση

ΑΘΗΝΑ 2016

## Σκοπός

Ο προσδιορισμός της υδατικής κατάστασης φυτικών κυττάρων μέσω της μεθόδου της σπαργής-πλασμόλυσης.

## Ρόλοι του νερού

1. Αποτελεί άριστο διαλύτη ηλεκτρολυτών και μη συστατικών των κυττάρων
2. Αμβλύνει την αρνητική επίδραση ακραίων θερμοκρασιών και θερμοκρασιακών μεταβολών του περιβάλλοντος και εξασφαλίζει ήπιο θερμοκρασιακό περιβάλλον για τις βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στα κύτταρα
3. Καθορίζει αποφασιστικά τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης μέσω της επίδρασης στο άνοιγμα-κλείσιμο των στομάτων
4. Επηρεάζει την απορρόφηση ιόντων από το εδαφικό διάλυμα μέσω του ρεύματος της διαπνοής
5. Συμμετέχει άμεσα ως αντιδρόν ή προϊόν σε πάρα πολλές αντιδράσεις των κυττάρων

## Μελέτη της υδατικής κατάστασης ενός φυτού

1. Το περιεχόμενο των ιστών σε νερό
2. Το ενεργειακό περιεχόμενο του νερού του φυτού (δυναμικό νερού)

## Το δυναμικό του νερού

### Τι είναι;

Είναι η ενέργεια ανά μονάδα μάζας του νερού που περιέχεται σε ένα υδατικό σύστημα

καθαρός διαλύτης

υδατικό διάλυμα

κύτταρο-ιστός

έδαφος

ατμόσφαιρα

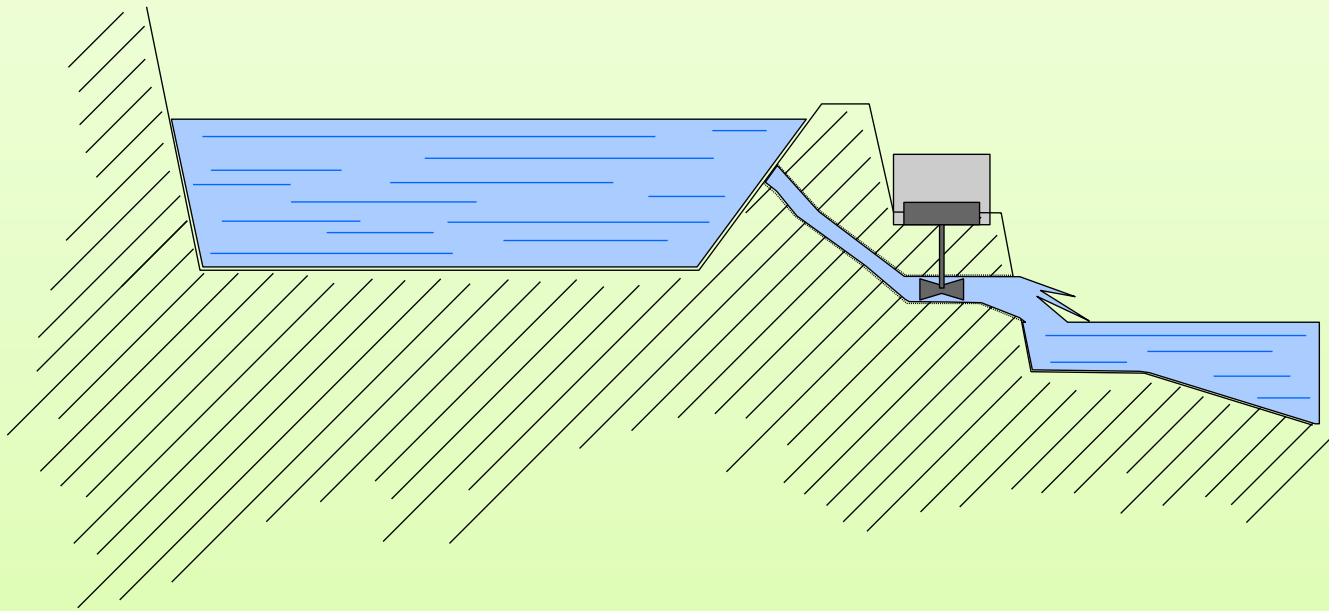
### Σε τι χρησιμεύει;

Περιγράφει την ενεργειακή κατάσταση του νερού και άρα την **υδατική κατάσταση** του συστήματος στο οποίο αναφερόμαστε

Με τη χρήση του προβλέπουμε την **κατεύθυνση κίνησης** του νερού από ένα υδατικό σύστημα σε ένα άλλο

## Το δυναμικό του νερού και η κατεύθυνση κίνησης του νερού

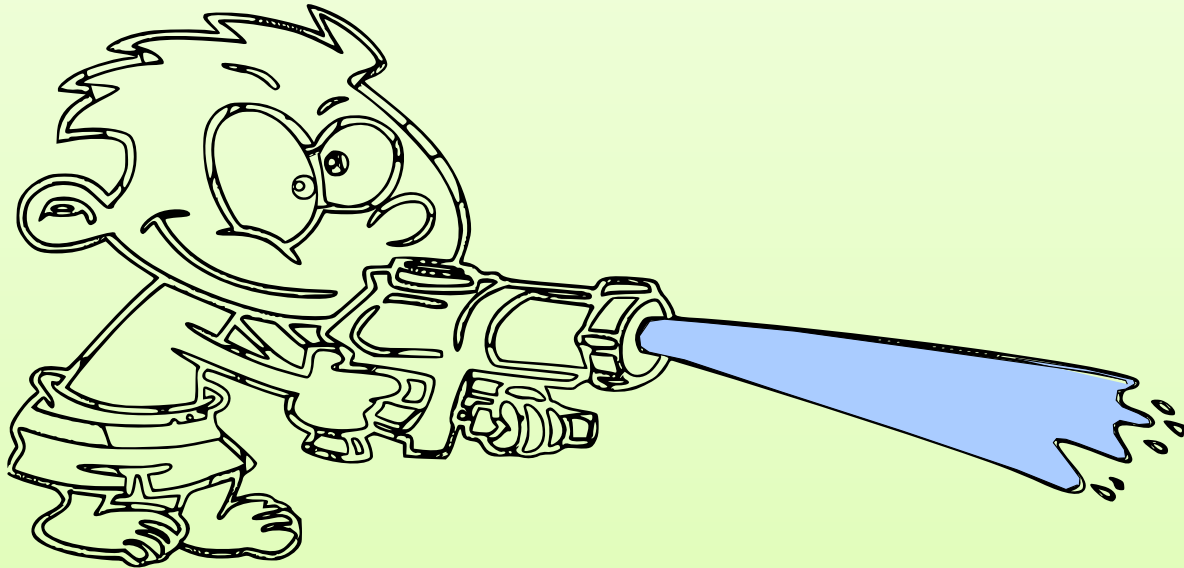
Το νερό κινείται πάντα από το μεγαλύτερο δυναμικό νερού προς το μικρότερο



Η κίνηση του νερού καθορίζεται από την **υψομετρική διαφορά**

## Το δυναμικό του νερού και η κατεύθυνση κίνησης του νερού

Το νερό κινείται πάντα από το μεγαλύτερο δυναμικό νερού προς το μικρότερο



Η κίνηση του νερού καθορίζεται από τη **διαφορά πίεσης**

## Το δυναμικό του νερού και η κατεύθυνση κίνησης του νερού

Το νερό κινείται πάντα **από το μεγαλύτερο δυναμικό νερού προς το μικρότερο**



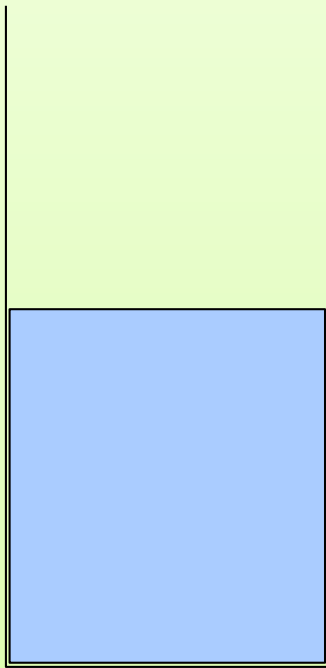
Η κίνηση του νερού καθορίζεται από τη **διαφορά συγκέντρωσης μορίων νερού**



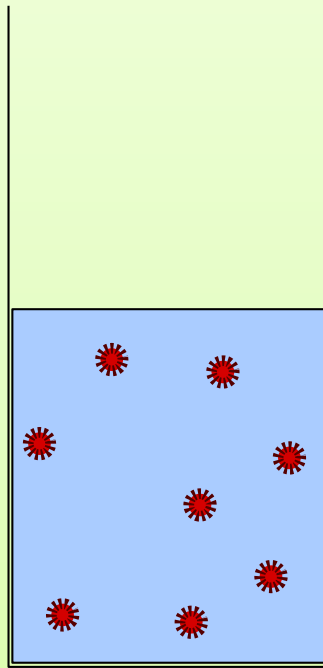
Το δυναμικό του νερού ( $\Psi$ ) εξαρτάται από  
τη συγκέντρωση και την πίεση

Το δυναμικό νερού εξαρτάται από τη συγκέντρωση ( $C$ ):

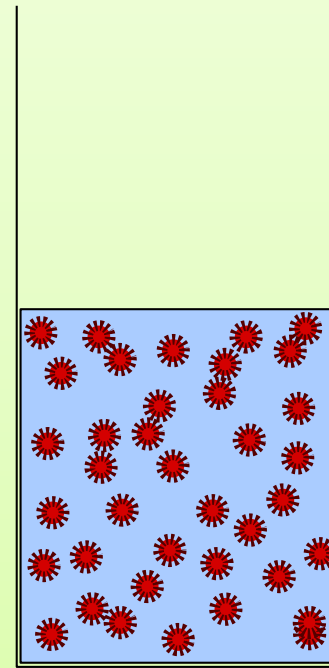
$$\Psi_s = - C \times R \times T \text{ (οσμωτικό δυναμικό)}$$



$\Psi = 0 \text{ MPa}$



$\Psi = -0,5 \text{ MPa}$

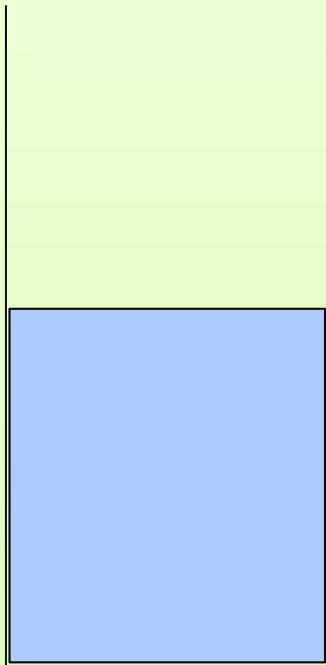


$\Psi = -3 \text{ MPa}$

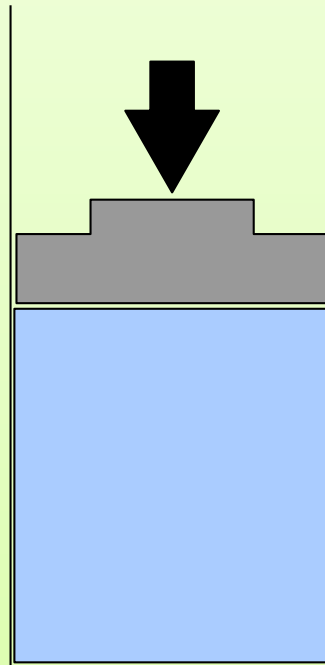
Το δυναμικό του νερού ( $\Psi$ ) εξαρτάται από  
τη συγκέντρωση και την πίεση

Το δυναμικό νερού εξαρτάται από την πίεση (P):

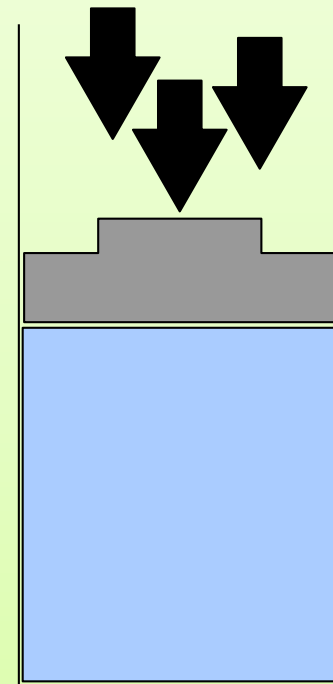
$\Psi_p$  (δυναμικό πίεσης)



$\Psi = 0 \text{ MPa}$



$\Psi = +1 \text{ MPa}$



$\Psi = +3 \text{ MPa}$

**Το δυναμικό του νερού ( $\Psi$ ) εξαρτάται από  
τη συγκέντρωση και την πίεση**

Συνολικά το δυναμικό νερού εξαρτάται από τη **συγκέντρωση (C)**  
και την **πίεση (P)**:

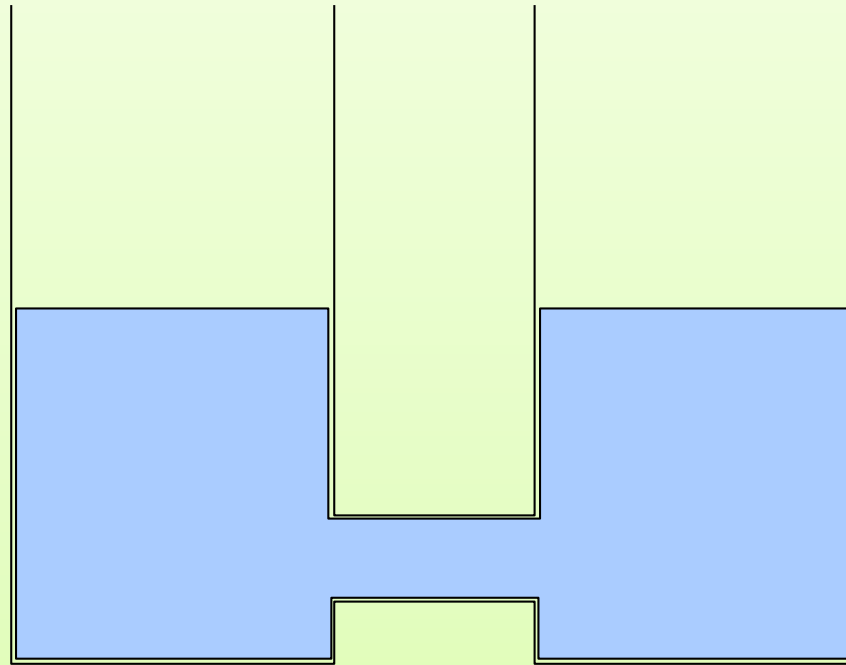
$$\Psi_s = - C \times R \times T \text{ (από αρνητικές τιμές έως 0)}$$

$$\Psi_p \text{ (από 0 έως θετικές τιμές)}$$

**και συνολικά:**

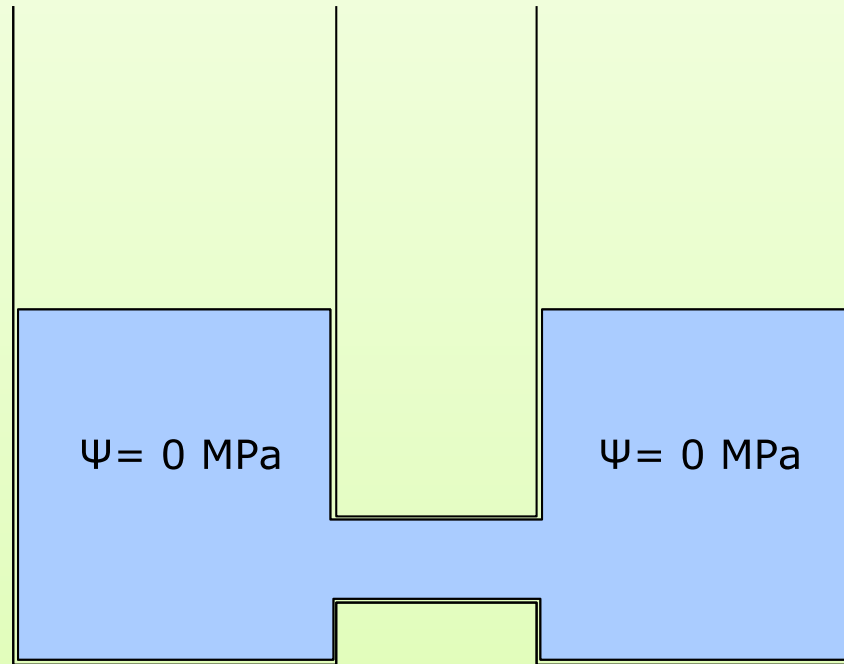
$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$$

## Όσμωση και οσμωτική ισορροπία



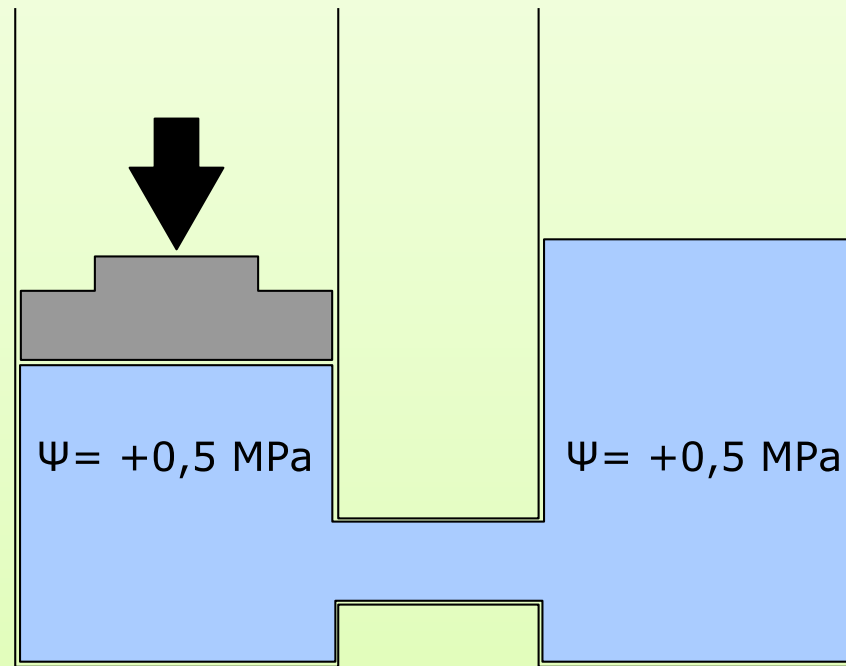
Στην οσμωτική ισορροπία δεν έχουμε καθαρή μετακίνηση μορίων νερού

## Όσμωση και οσμωτική ισορροπία



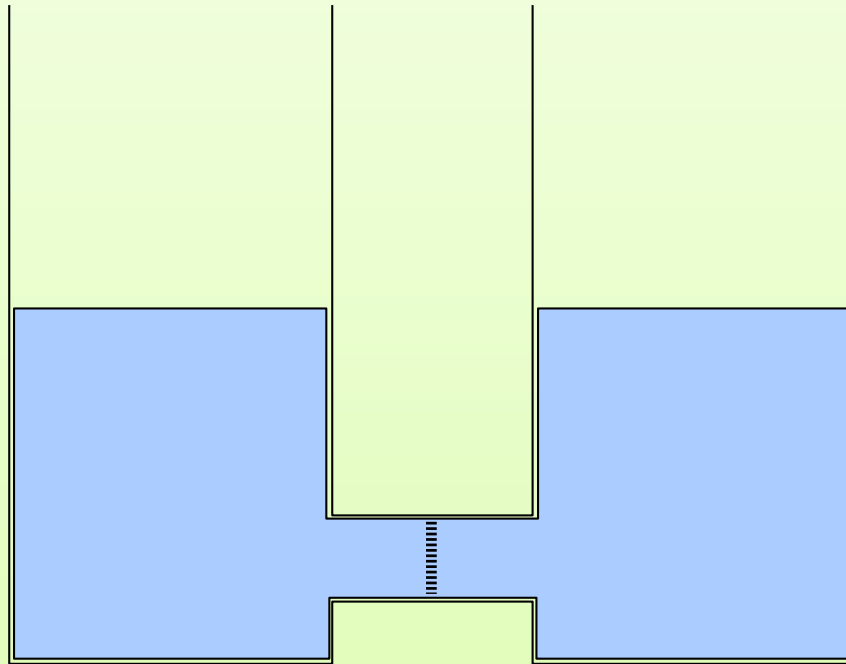
Στην οσμωτική ισορροπία οι τιμές του δυναμικού του νερού μεταξύ των δύο συστημάτων είναι ίσες

## Όσμωση και οσμωτική ισορροπία



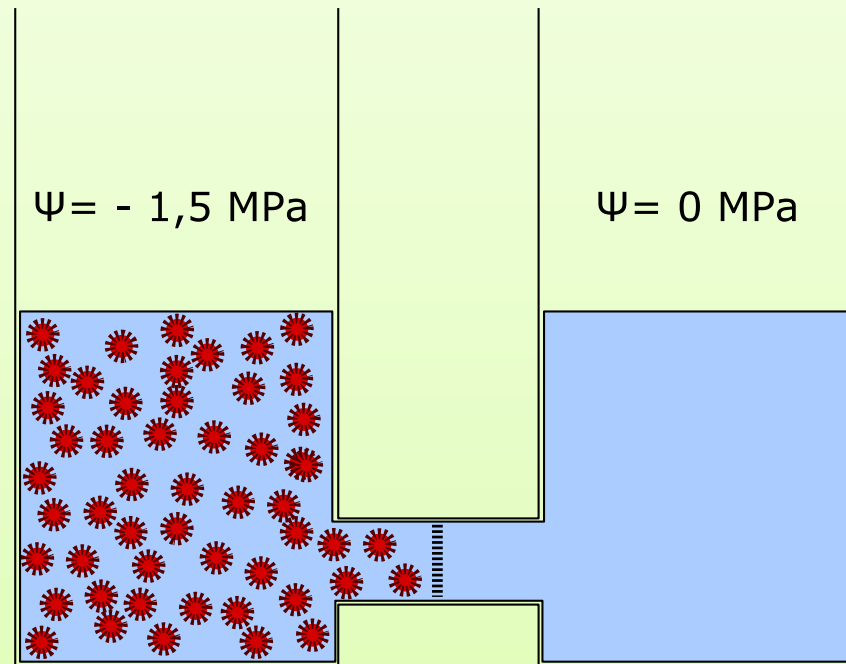
Η άσκηση πίεσης αυξάνει το δυναμικό του νερού στο αριστερό δοχείο και προκαλεί κίνηση του νερού προς τα δεξιά μέχρι την αποκατάσταση μιας νέας οσμωτικής ισορροπίας

## Όσμωση και οσμωτική ισορροπία



Ημιπερατή μεμβράνη ονομάζεται η μεμβράνη που επιτρέπει την διέλευση των μορίων του νερού αλλά όχι άλλων μορίων

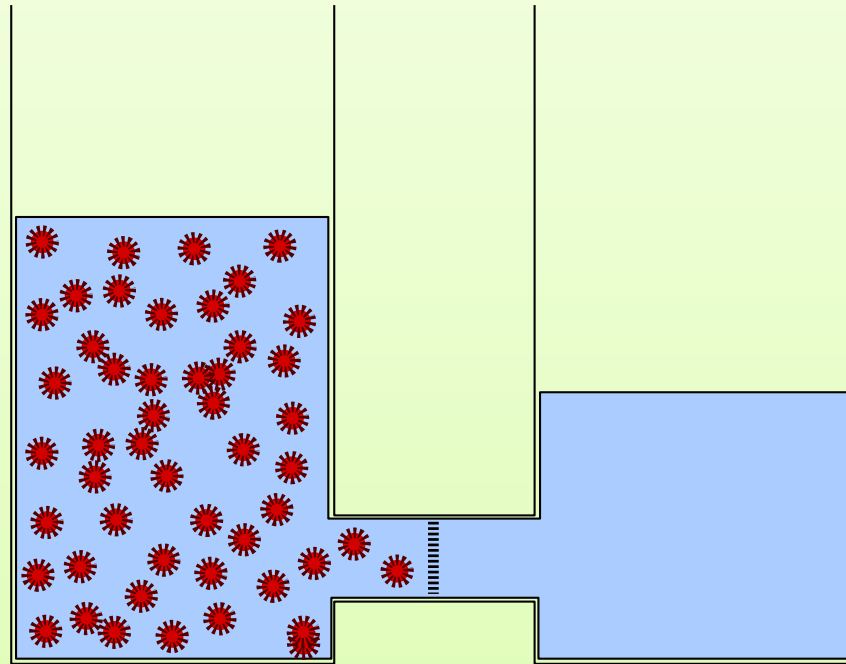
## Όσμωση και οσμωτική ισορροπία



Η διαφορά συγκεντρώσεων μεταξύ των δύο δοχείων είναι διαφορά δυναμικών του νερού και προκαλεί μετατόπιση της οσμωτικής ισορροπίας προς μια νέα τιμή

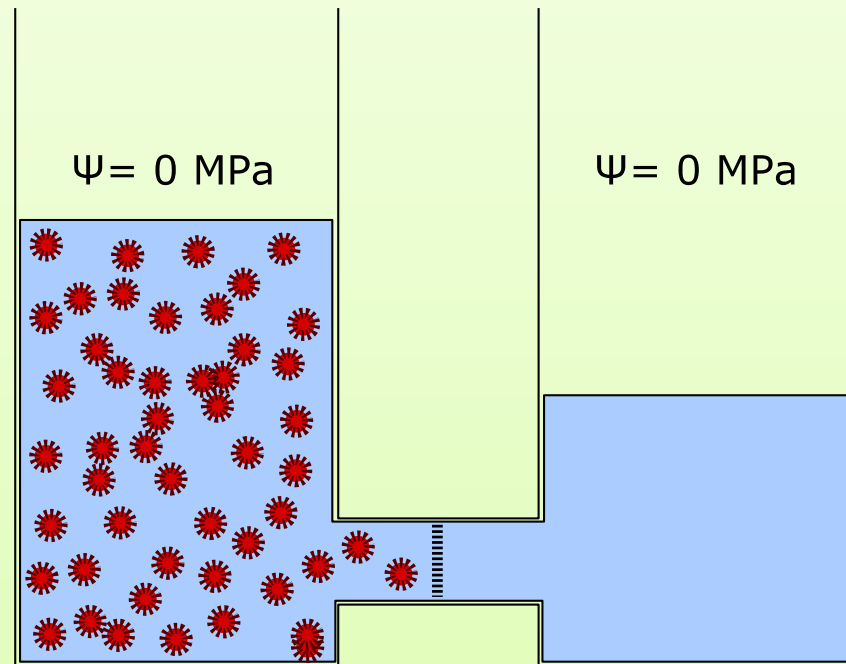


## Όσμωση και οσμωτική ισορροπία



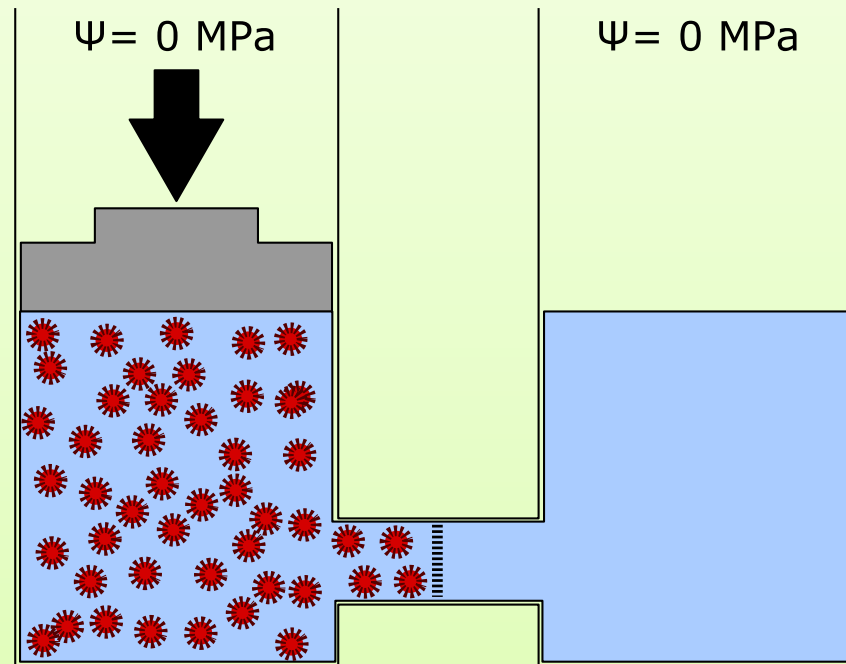
Έχει αποκατασταθεί οσμωτική ισορροπία μεταξύ του διαλύματος και του καθαρού διαλύτη; Με ποιον τρόπο;

## Όσμωση και οσμωτική ισορροπία



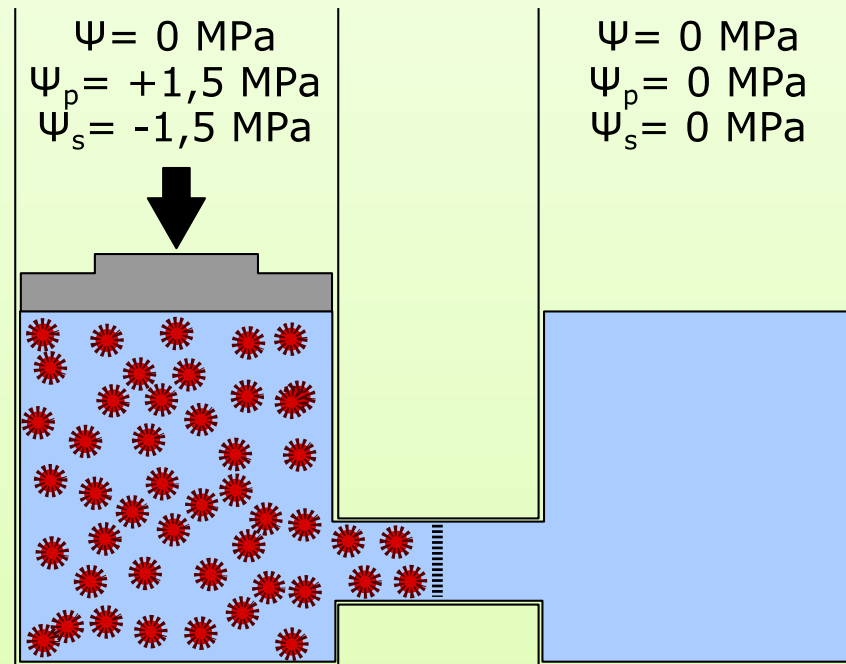
Έχει αποκατασταθεί οσμωτική ισορροπία μεταξύ του διαλύματος και του καθαρού διαλύτη; Με ποιον τρόπο;

## Όσμωση και οσμωτική ισορροπία



Μπορεί να αποκατασταθεί οσμωτική ισορροπία μεταξύ του διαλύματος και του καθαρού διαλύτη χωρίς αλλαγή του όγκου (χωρίς μετακίνηση νερού); Με ποιον τρόπο;

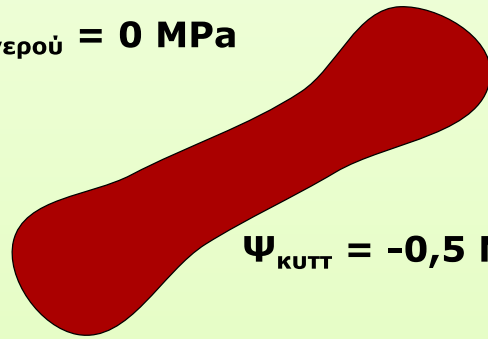
## Όσμωση και οσμωτική ισορροπία



Το δυναμικό πίεσης αντισταθμίζει τη διαφορά του οσμωτικού δυναμικού μεταξύ των δύο υδατικών συστημάτων και οδηγεί σε οσμωτική ισορροπία χωρίς μετακίνηση νερού

## Τα φυτικά κύτταρα ως οσμωτικά συστήματα

$$\Psi_{\text{νερού}} = 0 \text{ MPa}$$

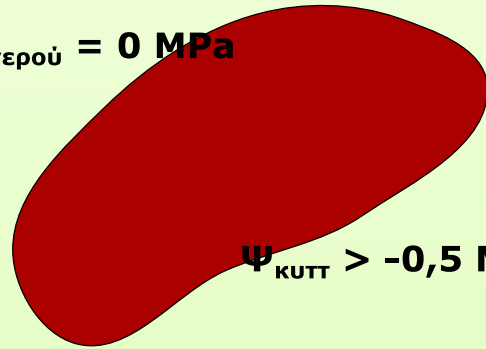


$$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -0,5 \text{ MPa}$$

Ένα ερυθρό αιμοσφαίριο με  $\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = \Psi_s = -0,5 \text{ MPa}$  βυθίζεται μέσα σε καθαρό νερό

## Τα φυτικά κύτταρα ως οσμωτικά συστήματα

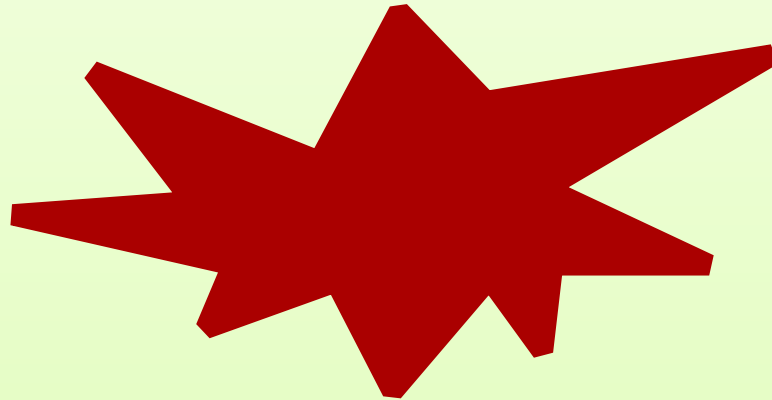
$$\Psi_{\text{νερού}} = 0 \text{ MPa}$$



$$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} > -0,5 \text{ MPa}$$

Μόρια νερού θα εισέλθουν στο κύτταρο προς αποκατάσταση της οσμωτικής ισορροπίας έως ότου.....

## Τα φυτικά κύτταρα ως οσμωτικά συστήματα



..... το κύτταρο διαρραγεί.

## Τα φυτικά κύτταρα ως οσμωτικά συστήματα

$$\Psi_p = +0 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = -1,2 \text{ MPa}$$

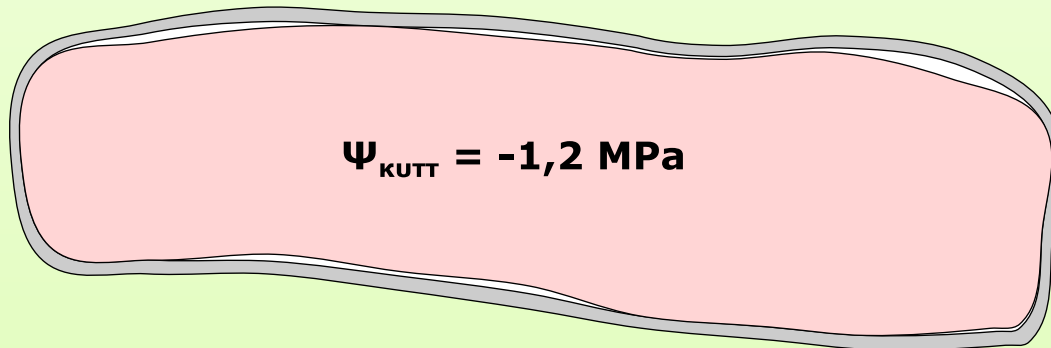
$$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -1,2 + 0 \text{ MPa} = -1,2 \text{ MPa}$$

Σε ένα φυτικό κύτταρο το δυναμικό του νερού διαμορφώνεται από το οσμωτικό δυναμικό αλλά και από το δυναμικό πίεσης



## Τα φυτικά κύτταρα ως οσμωτικά συστήματα

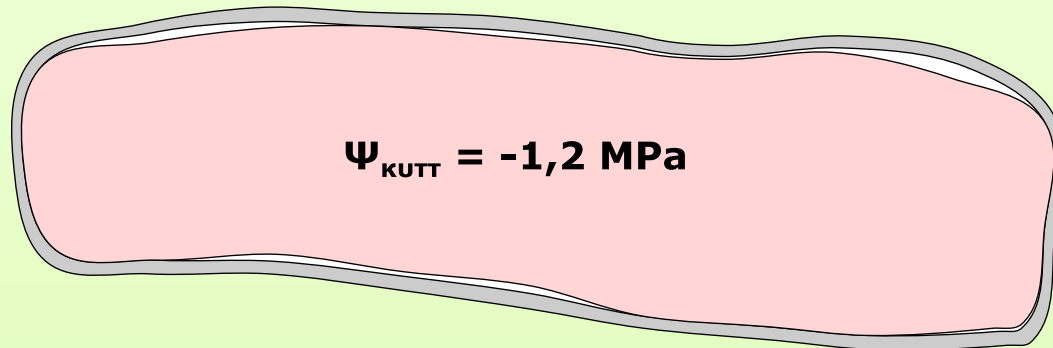
$$\Psi_{\text{νερού}} = 0 \text{ MPa}$$



Γιατί αναπτύσσεται δυναμικό πίεσης; Στο παράδειγμα, η διαφορά δυναμικού νερού μεταξύ κυττάρου και διαλύματος θα προκαλέσει είσοδο νερού στο κύτταρο μέχρι την αποκατάσταση οσμωτικής ισορροπίας

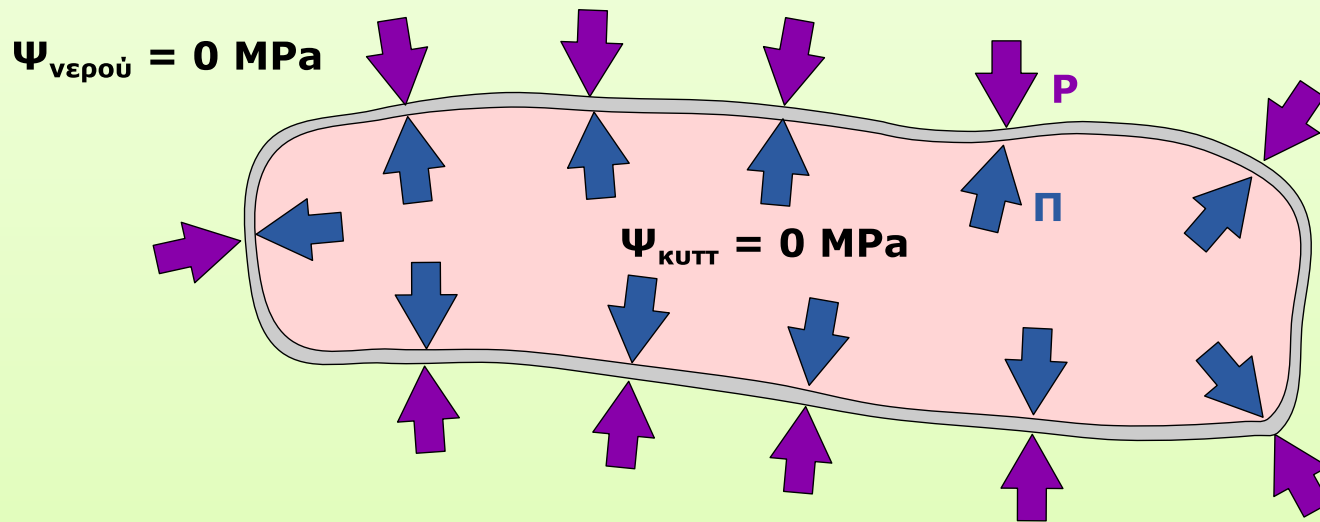
## Τα φυτικά κύτταρα ως οσμωτικά συστήματα

$$\Psi_{\text{νερού}} = 0 \text{ MPa}$$



Η ύπαρξη του κυτταρικού τοιχώματος έχει ως αποτέλεσμα την αποτροπή της διάρρηξης και την ανάπτυξη πίεσης

## Τα φυτικά κύτταρα ως οσμωτικά συστήματα



Η είσοδος νερού στο κύτταρο προκαλεί την άσκηση πίεσης στο τοίχωμα (πίεση σπαργής,  $\Pi$ ). Ταυτόχρονα, ασκείται πίεση από το τοίχωμα προς το κύτταρο ( $P$ ).

## Τα φυτικά κύτταρα ως οσμωτικά συστήματα

$$\Psi_{\text{νερού}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\Psi_p = +1,2 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = -1,2 \text{ MPa}$$

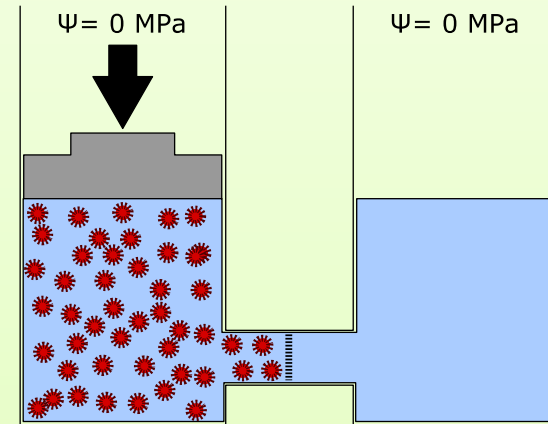
$$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -1,2 + 1,2 \text{ MPa} = 0 \text{ MPa}$$

Η ανάπτυξη πίεσης (θετικού δυναμικού πίεσης) αντισταθμίζει τη διαφορά οσμωτικού δυναμικού μεταξύ κυττάρου και νερού

# Τα φυτικά κύτταρα ως οσμωτικά συστήματα

$$\Psi_{\text{νερού}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\Psi_p &= +1,2 \text{ MPa} \\ \Psi_s &= -1,2 \text{ MPa} \\ \Psi_{\text{κυττ}} &= -1,2 + 1,2 \text{ MPa} = 0 \text{ MPa}\end{aligned}$$



Η ανάπτυξη πίεσης (θετικού δυναμικού πίεσης) αντισταθμίζει τη διαφορά οσμωτικού δυναμικού μεταξύ κυττάρου και νερού

## Τα φυτικά κύτταρα ως οσμωτικά συστήματα

$$\Psi_{\text{νερού}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\Psi_p = +1,2 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = -1,2 \text{ MPa}$$

$$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -1,2 + 1,2 \text{ MPa} = 0 \text{ MPa}$$

Τελικά, στην οσμωτική ισορροπία, το δυναμικό νερού του κυττάρου εξισορροπείται με αυτό του διαλύματος ως αποτέλεσμα της διαμόρφωσης των δύο συνιστωσών του  $\Psi$

# Υδατικές καταστάσεις των φυτικών κυττάρων

$$\Psi_{\text{διαλ}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\Psi_p = +1,1 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = -1,1 \text{ MPa}$$

$$\Psi_{\text{κυττ}} = -1,1 + 1,1 \text{ MPa} = 0 \text{ MPa}$$

Σπαργή

$$\Psi_{\text{διαλ}} = -1,2 \text{ MPa}$$

$$\Psi_p = 0 \text{ MPa}$$

$$\Psi_s = -1,2 \text{ MPa}$$

$$\Psi_{\text{κυττ}} = -1,2 + 0 \text{ MPa} = -1,2 \text{ MPa}$$

Αρχόμενη πλασμόλυση

$$\Psi_{\text{διαλ}} = -1,4 \text{ MPa}$$

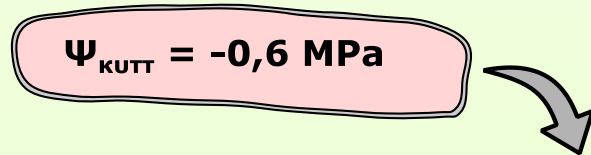
$$\Psi_p = 0 \text{ MPa}$$

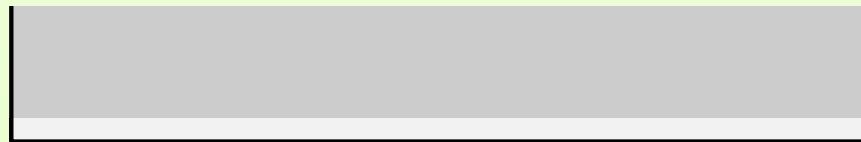
$$\Psi_s = -1,4 \text{ MPa}$$

$$\Psi_{\text{κυττ}} = -1,4 + 0 \text{ MPa} = -1,4 \text{ MPa}$$

Πλασμόλυση

# Υδατικές καταστάσεις των φυτικών κυττάρων

$$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -0,6 \text{ MPa}$$




---

$\Psi_{\text{διαλ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
Συγκ. διαλ.	H <sub>2</sub> O αραιό						πυκνό	

---

Σπαργή

Αρχ.πλ.

Πλασμόλυση

---

$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ,ΤΕΛ}}$  (MPa)

$\Psi_{\text{ρ,ΤΕΛ}}$  (MPa)

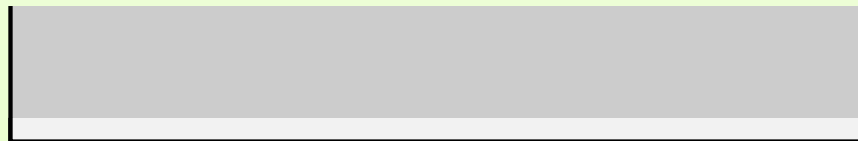
$\Psi_{\text{σ,ΤΕΛ}}$  (MPa)

---



# Υδατικές καταστάσεις των φυτικών κυττάρων

$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -0,6 \text{ MPa}$



$\Psi_{\text{διαλ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
Συγκ. διαλ.	H <sub>2</sub> O αραιό						πυκνό	

Σπαργή

Αρχ.πλ.

—

Πλασμόλυση

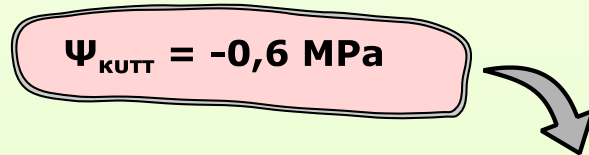
$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ,ΤΕΛ}}$  (MPa)

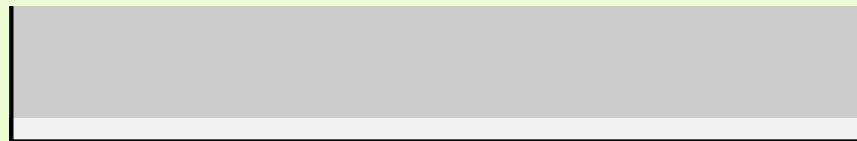
$\Psi_{\text{ρ,ΤΕΛ}}$  (MPa)

$\Psi_{\text{σ,ΤΕΛ}}$  (MPa)

## Υδατικές καταστάσεις των φυτικών κυττάρων

$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -0,6 \text{ MPa}$





$\Psi_{\text{διαλ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
Συγκ. διαλ.	H <sub>2</sub> O αραιό						πυκνό	

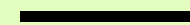
Σπαργή



Αρχ.πλ.



Πλασμόλυση



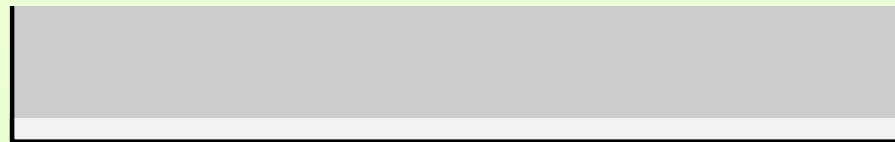
$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ,ΤΕΛ}}$  (MPa)

$\Psi_{\text{ρ,ΤΕΛ}}$  (MPa)

$\Psi_{\text{σ,ΤΕΛ}}$  (MPa)

# Υδατικές καταστάσεις των φυτικών κυττάρων

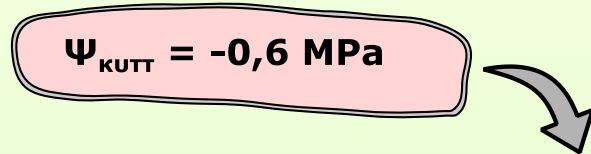
$$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -0,6 \text{ MPa}$$

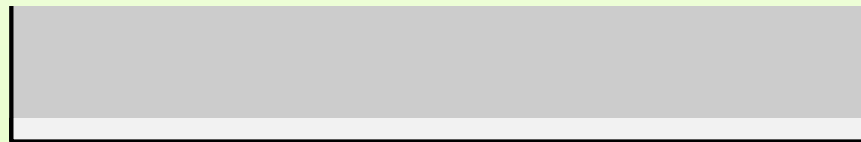


$\Psi_{\text{διαλ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
Συγκ. διαλ.	H <sub>2</sub> O αραιό						πυκνό	
Σπαργή	—————							
Αρχ.πλ.					———			
Πλασμόλυση							—————	
$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ,ΤΕΛ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
$\Psi_{\text{ρ,ΤΕΛ}}$ (MPa)								
$\Psi_{\text{S,ΤΕΛ}}$ (MPa)								

## Υδατικές καταστάσεις των φυτικών κυττάρων

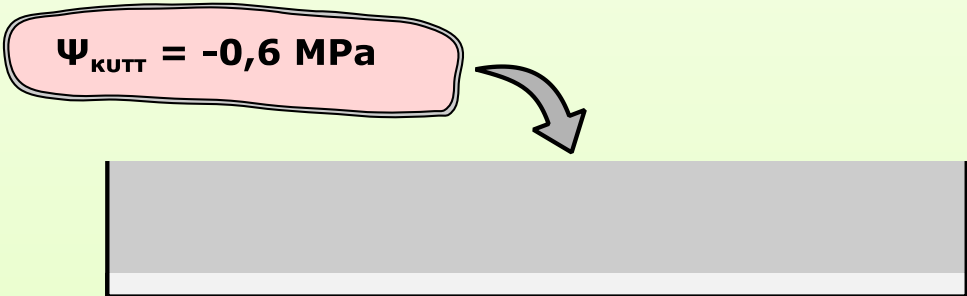
$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -0,6 \text{ MPa}$





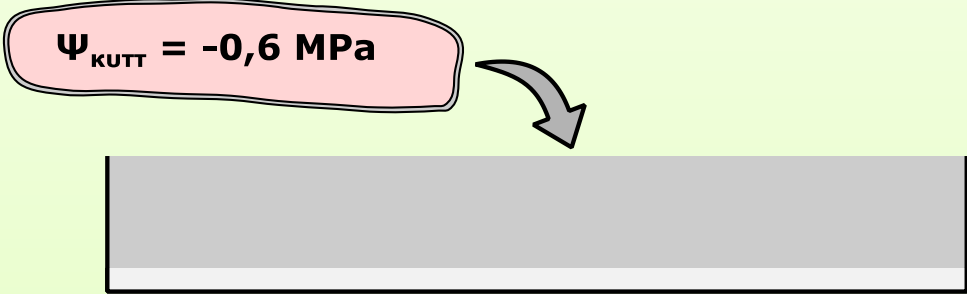
$\Psi_{\text{διαλ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
Συγκ. διαλ.	H <sub>2</sub> O αραιό						πυκνό	
Σπαργή	—————							
Αρχ.πλ.						—		
Πλασμόλυση							—————	
$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ,ΤΕΛ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
$\Psi_{\text{ρ,ΤΕΛ}}$ (MPa)						0,0		
$\Psi_{\text{σ,ΤΕΛ}}$ (MPa)						-1,0		

## Υδατικές καταστάσεις των φυτικών κυττάρων

$$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -0,6 \text{ MPa}$$


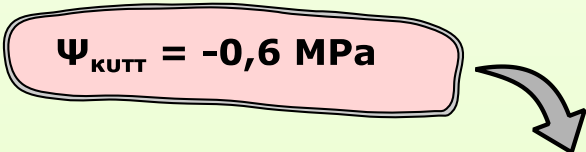
$\Psi_{\text{διαλ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
Συγκ. διαλ.	H <sub>2</sub> O αραιό						πυκνό	
Σπαργή	—————							
Αρχ.πλ.						—		
Πλασμόλυση							—————	
$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ,ΤΕΛ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
$\Psi_{\text{ρ,ΤΕΛ}}$ (MPa)						0,0	0,0	0,0
$\Psi_{\text{σ,ΤΕΛ}}$ (MPa)						-1,0		

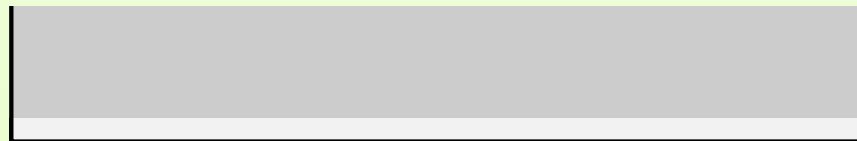
## Υδατικές καταστάσεις των φυτικών κυττάρων

$$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -0,6 \text{ MPa}$$


$\Psi_{\text{διαλ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
Συγκ. διαλ.	H <sub>2</sub> O αραιό						πυκνό	
Σπαργή	—————							
Αρχ.πλ.						—		
Πλασμόλυση							—————	
$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ,ΤΕΛ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
$\Psi_{\text{ρ,ΤΕΛ}}$ (MPa)						0,0	0,0	0,0
$\Psi_{\text{S,ΤΕΛ}}$ (MPa)	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,2	-1,4

## Υδατικές καταστάσεις των φυτικών κυττάρων

$$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ}} = -0,6 \text{ MPa}$$




$\Psi_{\text{διαλ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
Συγκ. διαλ.	H <sub>2</sub> O αραιό						πυκνό	
Σπαργή	—————							
Αρχ.πλ.							———	
Πλασμόλυση							—————	
$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ,ΤΕΛ}}$ (MPa)	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
$\Psi_{\text{ρ,ΤΕΛ}}$ (MPa)	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0
$\Psi_{\text{S,ΤΕΛ}}$ (MPa)	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,2	-1,4

# Πειραματικό Μέρος

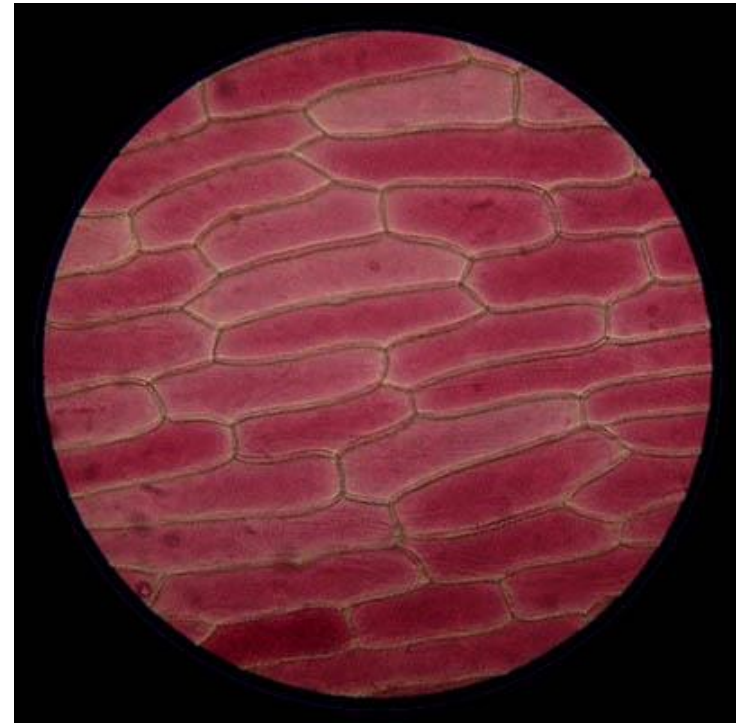
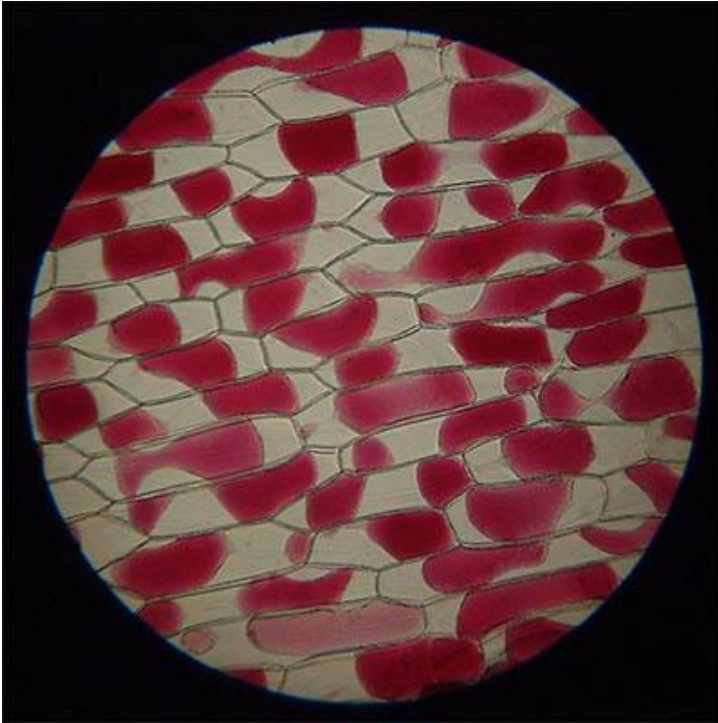
$\Psi_{\text{διαλ}}$  (MPa)

0,0 -0,2 -0,4 -0,6 -0,8 -1,0 -1,2 -1,4





## Πειραματικό Μέρος



# Αποτελέσματα

α/α	$\Psi_{\delta\text{ιαλ}}$ (MPa)	Κατάστ. ΚΥΤΤ.	$\Psi_{\text{ΚΥΤΤ, ΤΕΛ}}$ (MPa)	$\Psi_{\text{S, ΤΕΛ}}$ (MPa)	$\Psi_{\text{P, ΤΕΛ}}$ (MPa)
1	0,0	σπαργή	0,0		
2	-0,2	σπαργή	-0,2		
3	-0,4		-0,4		
4	-0,6	σπαργή	-0,6		
5	-0,8	σπαργή	-0,8		
6	-1,0	Αρχόμενη πλασμόλυση	-1,0		
7	-1,2	πλασμόλυση	-1,2		
8	-1,4	πλασμόλυση	-1,4		