

ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΦΘΟΡΑΣ ΥΛΙΚΩΝ (κωδ. μαθ.463)

ΜΑΘΗΜΑ 2

4^ο εξάμηνο (Εαρινό)

Ανώτατη Εκκλησιαστική Ακαδημία Αθηνών
Πρόγραμμα Διαχείρισης Εκκλησιαστικών Κειμηλίων

Βιβλιογραφία

κυρίως αυτά κι άλλα

Θ. Ν. ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ

Διάβρωση και συντήρηση
των δομικών υλικών
των μνημείων



ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

Υλικά και
Τεχνικές
της Ζωγραφικής
στο πέρασμα
του Χρόνου

Δρ Μιχαήλ Δουλγερίδης



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΘΑ ΑΣΧΟΛΗΘΟΥΜΕ ΜΕ ΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ-ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥΣ ΦΘΟΡΑΣ:

- Χαρτιού
- **Υφάσματος**
- Ξύλου, ξυλόγλυπτου
- Φορητής Εικόνας
- Ελαιογραφίας
- Τοιχογραφίας
- Ψηφιδωτού
- Μετάλλου
- Κεραμικού
- Πέτρας

ΠΕΡΙ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ (1)

στην παρούσα παρουσίαση θα αναφερθούμε αναλυτικά μόνο στις φυσικές ίνες

- Το ύφασμα είναι γνωστό και χρησιμοποιείται από τα βάθη της αρχαιότητας.
- Μέχρι πρόσφατα και για αρκετές χιλιετίες, όλα τα υφάσματα κατασκευάζονταν από ίνες προερχόμενες από φυσικές πηγές (βαμβάκι, λινό, μετάξι, μαλλί κ.ά.).
- Τον 19^ο αιώνα αρχίζουν τα πειράματα με φυσικά υλικά, φύλλα, κουρελάκια από μεταχειρισμένα υφάσματα κ.ά. Τα πειράματα αυτά έδωσαν υφάσματα όπως το ρεγιόν, το βισκόζ, κ.ά.
- Μετά την ευρεία χρήση των προϊόντων του πετρελαίου, χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον των φυσικών και συνθετικές πρώτες ύλες (παράγωγα διύλισης πετρελαιοειδών). Έτσι προέκυψαν τα πολυεστερικά, τεριλέν, ακρυλικά υφάσματα, κ.ά.

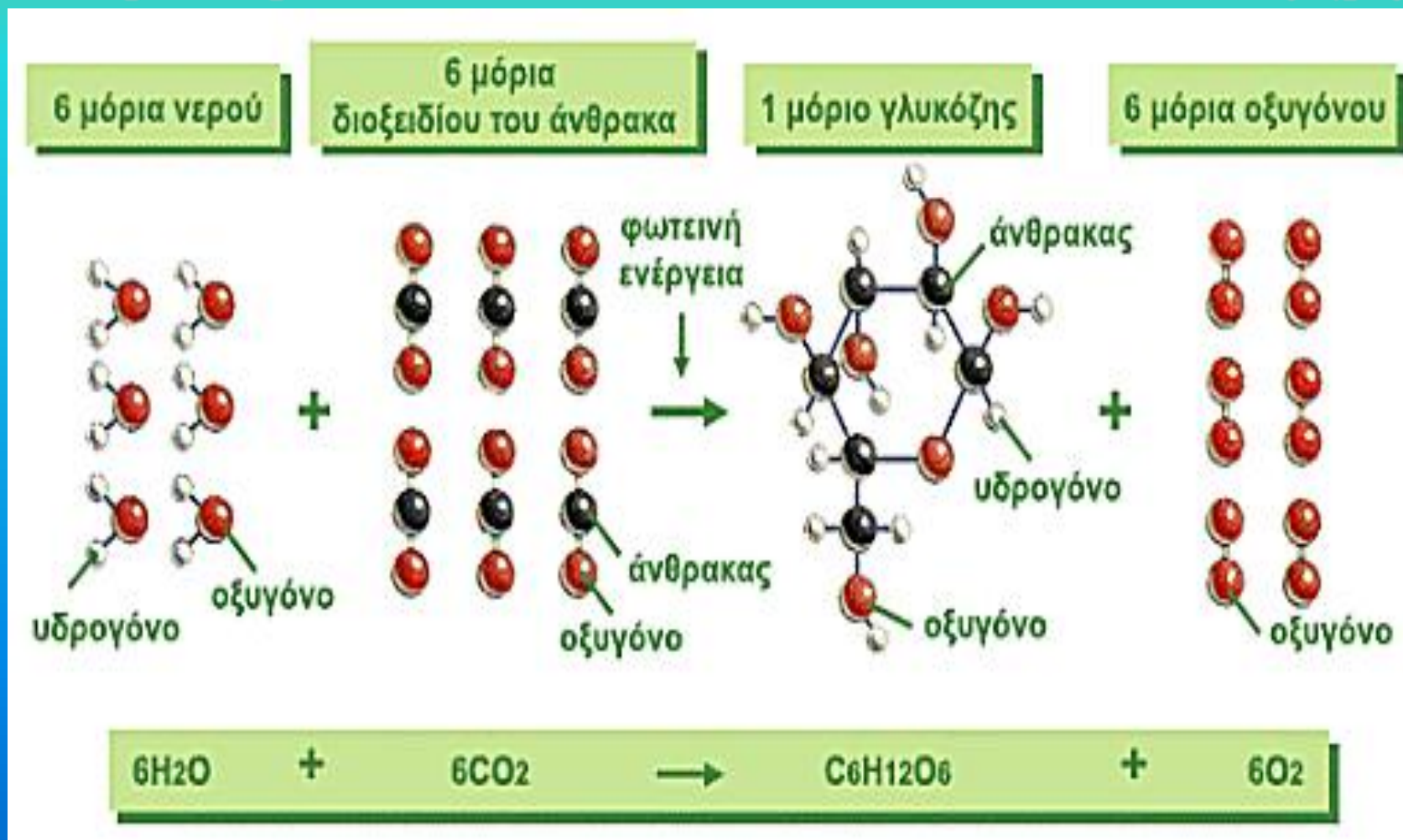
Κατά τη φωτοσύνθεση στους φυτικούς οργανισμούς λαμβάνει χώρα η εξής αντίδραση:

CO_2 και H_2O και ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ δημιουργούν τη γλυκόζη $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$



Κατά τη φωτοσύνθεση στους φυτικούς οργανισμούς λαμβάνει χώρα η εξής αντίδραση:

CO₂ και H₂O και ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ δημιουργούν τη γλυκόζη C₆H₁₂O₆



ΠΕΡΙ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ (2)

- ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΤΩΝ ΙΝΩΝ ΤΟΥ ΧΑΡΤΙΟΥ

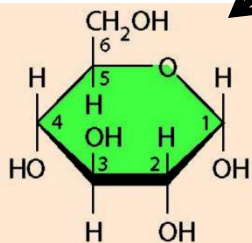
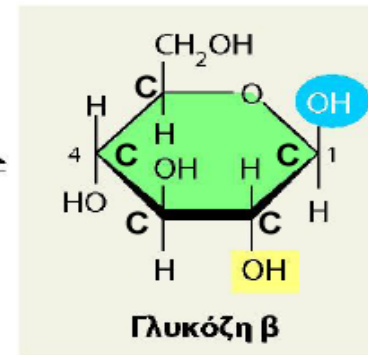
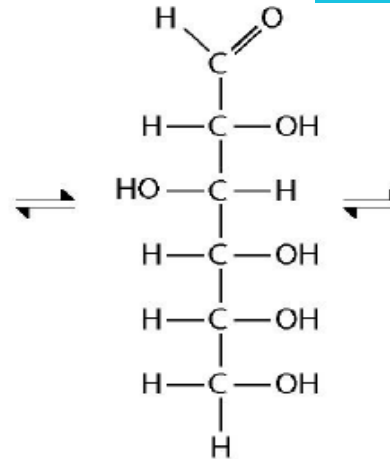
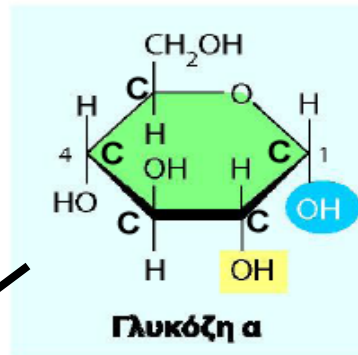
Οι φυσικές ίνες για την κατασκευή των υφασμάτων είναι δύο κατηγοριών:

- 1) Τις ίνες που κατασκευάζει ο άνθρωπος με πρώτη ύλη της οποίας η μορφή δεν είναι ακριβώς ινώδης.
- 2) Τις ίνες που παράγονται από τη φύση σε ινώδη μορφή (βαμβάκι, λινό)

CAMPBELL – REECE, ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΜΟΣ Ι, ΠΕΚ 2010

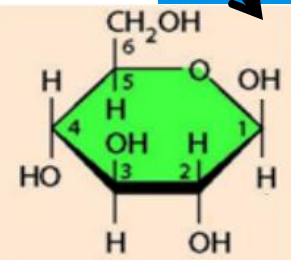
Μορφές α και β του δακτυλίου της γλυκόζης.

Αυτές οι δύο αμοιβαία αντιστρεπτές μορφές της γλυκόζης διαφέρουν ως προς τη θέση της (τονισμένης με μπλε) υδροξυλομάδας που συνδέεται στον άνθρακα 1.



Συντετμημένη μορφή του μορίου α-γλυκόζης (μονομερές)

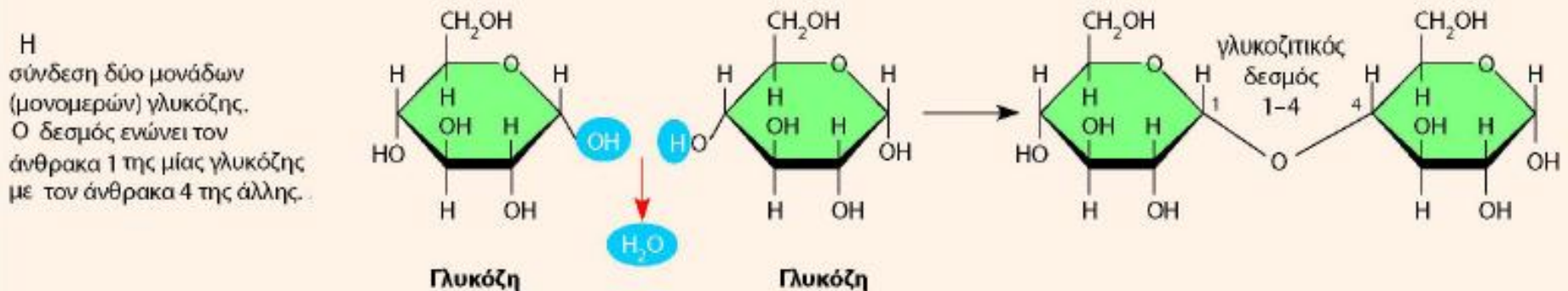
Συντετμημένη μορφή του μορίου β-γλυκόζης (μονομερές)



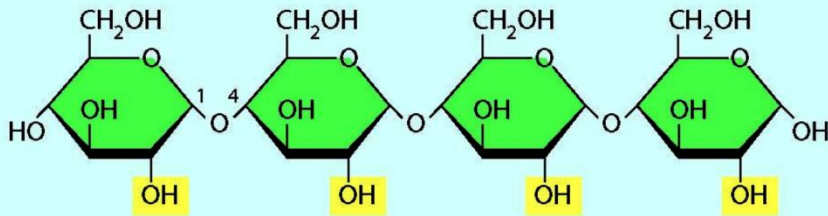
ΠΕΡΙ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ (3)

Θα ασχοληθούμε μόνο με τις 2) **Ίνες από τη φύση**: Αυτές διακρίνονται σε i) **Οργανικές ίνες από φυτά**, ii) **Οργανικές ίνες από ζώα** και iii) **Ανόργανες ίνες**

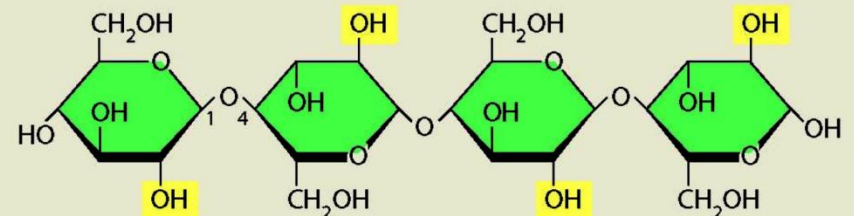
i) Οι **ίνες από φυτά** έχουν ως βασικό τους συστατικό την **κυτταρίνη** που είδαμε στην προηγούμενη παρουσίαση για το χαρτί και φαίνονται και παρακάτω. Ανάλογα με την περιοχή του φυτού από όπου προέρχονται χωρίζονται σε ίνες από **τριχίδια** (βαμβάκι), ίνες από το **βλαστό των φυτών** (λινάρι, κάνναβη), ίνες από τα **φύλλα και τους καρπούς** των φυτών (κοκκοφοίνικας).



CAMPBELL – REECE, ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΜΟΣ I, ΠΕΚ 2010



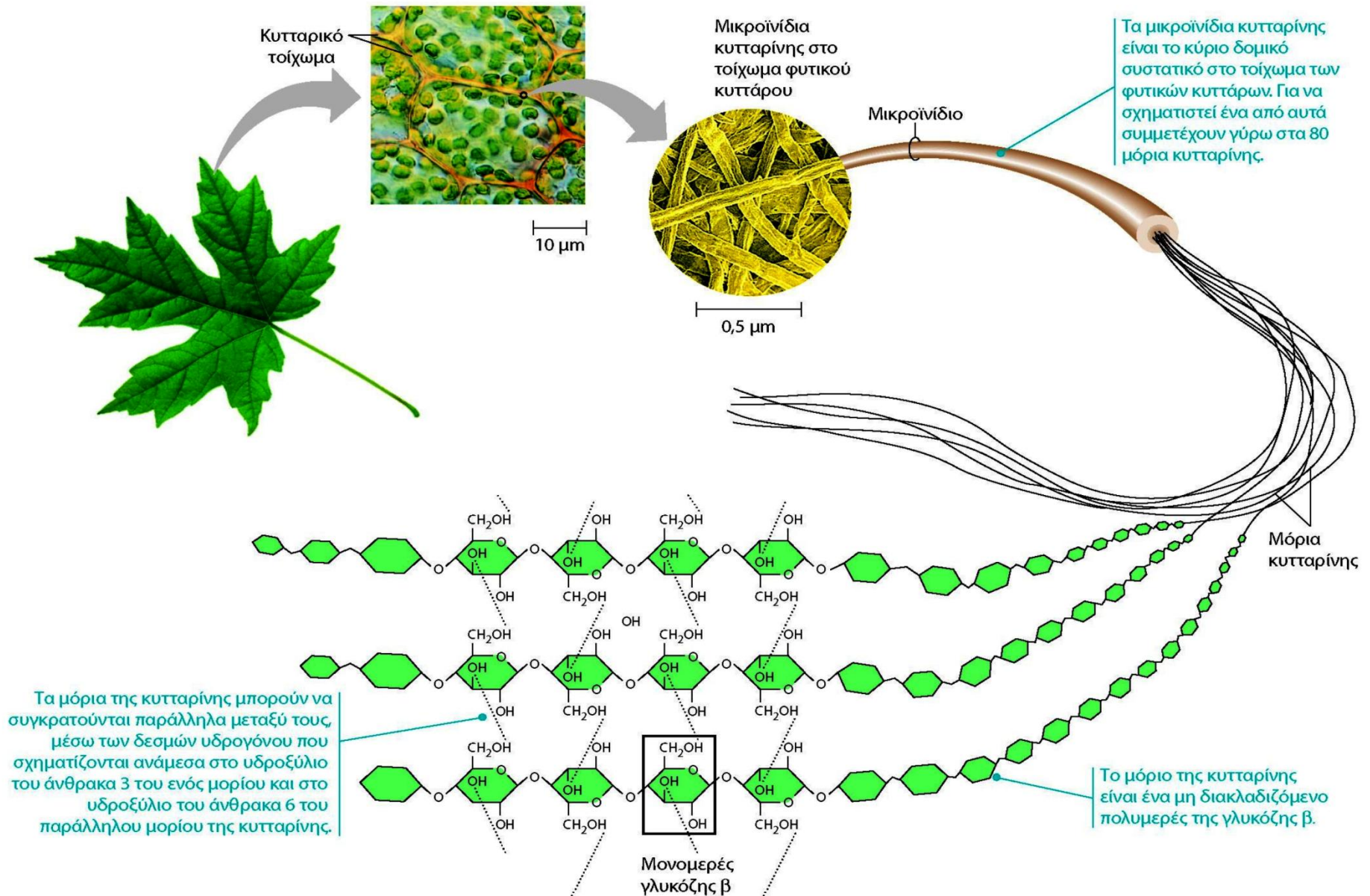
(β) **Άμυλο**: Τα μονομερή της γλυκόζης α συνδέονται με δεσμούς 1-4. Όλα τα μονομερή έχουν τον ίδιο προσανατολισμό. Συγκρίνετε τη θέση των (τονισμένων με κίτρινο) ομάδων —OH με εκείνες στην κυτταρίνη (γ).



(γ) **Κυτταρίνη**: Τα μονομερή της γλυκόζης β συνδέονται με δεσμούς 1-4. Στην κυτταρίνη, κάθε μονομερές γλυκόζης β είναι αντεστραμμένο ως προς το προηγούμενο και το επόμενο.

Εικόνα 5.7 Δομή του αμύλου και της κυτταρίνης.

ΠΕΡΙ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ (4)



ΠΕΡΙ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ (5)

ii) Οι ίνες από ζώα αποτελούνται, όπως όλα τα ζωϊκά κύτταρα από πρωτεΐνες και πιο συγκεκριμένα από κολλαγόνο, κερατίνη, φιβροΐνη. Οι πιο γνωστές ζωϊκές ίνες είναι το μαλλί (από τα πρόβατα, αρνιά, κασίκια κ.ά.) και το μετάξι (από τον μεταξοσκώληκα). Οι πρωτεΐνες είναι ευαίσθητες στις υψηλές θερμοκρασίες. Όταν ζεσταθούν προκαλείται συρρίκνωση των ινών κατά 1/3 του όγκου τους για θερμοκρασία άνω των 50° C. Για αυτό τα μάλλινα «πίνουν», στενεύουν όταν πλυθούν σε ζεστό νερό.

iii) Οι κυριότερες **Ανόργανες ίνες** είναι οι ίνες γυαλιού, οι μεταλλικές ίνες (χρυσός κι ασήμι-χρυσοκεντητική, ασημοκεντητική, κ.ά.) και οι ίνες αμιάντου. Οι ίνες γυαλιού παράγονται όπως το γυαλί από άμμο θαλάσσης (SiO_2), σόδα (Na_2CO_3) κ.ά.



Άμφια με
χρυσή κι
ασημένια
κλωστή



ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΘΟΡΑΣ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

Το χαρτί και το ύφασμα έχουν κοινή φύση (οργανικά υλικά), έχουν σχεδόν ίδιους παράγοντες φθοράς.

- **Ενδογενείς ή ενυπάρχοντες** (π.χ. αλληλεπίδραση δύο διαφορετικών ινών που έχουν υφανθεί μαζί).
- **Περιβαλλοντικοί** (φωτισμός, σχετική υγρασία, θερμοκρασία, ρύπανση της ατμόσφαιρας, θόρυβος).
- **Βιολογικοί** (μύκητες, έντομα, τρωκτικά κ.ά. βρίσκουν τα οργανικά υλικά των υφασμάτων, την κυτταρίνη και τις πρωτεΐνες ως τροφή).
- **Ανθρώπινοι** (κακή, έντονη χρήση, αδιαφορία κ.ά.).

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

(Ενδογενείς ή ενυπάρχοντες παράγοντες)

Συχνές αιτίες φθοράς είναι η ποιότητα των υλικών και οι μέθοδοι κατασκευής των υφασμάτων έργων. Σχετικά παραδείγματα:

- Κάποιες **μέθοδοι βαφής** αδυνατίζουν και καταστρέφουν τις ίνες. Παλαιότερα για την παρασκευή του μαύρου και του καφέ χρώματος χρησιμοποιούσαν βιτριόλι (θειικός σίδηρος). Όμως βιτριόλι ονομάζεται και το θειϊκό οξύ και ο θειικός χαλκός (γαλαζόπετρα). Το βιτριόλι φθείρει τις οργανικές ίνες. Έτσι στα σημεία του μαύρου και του καφέ σε κάποια υφάσματα έχουμε απώλεια υλικού.
- Κάποια **χρώματα-βαφές** (π.χ. το πράσινο στα μεταξωτά), σε υγρές συνθήκες, **μεταφέρονται και σε γειτονικά σημεία**, «λερώνοντάς» τα με ανεπιθύμητο χρώμα.
- Στην διαδικασία κατασκευής του μεταξιού αποβάλλεται μία ουσία, η σηρικίνη κι αντικαθίσταται από **μεταλλικά άλατα**. Αυτά όμως καθιστούν το μετάξι περισσότερο ευαίσθητο στο φως.
- Η **κοινή ύφανση διαφορετικών ινών** (π.χ. μαλλιού και μεταξιού) παρότι δίνει όμορφο αισθητικό αποτέλεσμα, προκαλεί διάβρωση σε υγρές συνθήκες, καθώς το μαλλί διατηρείται καλύτερα σε υγρές συνθήκες, αλλά το μετάξι διαβρώνεται σε αυτές.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες)

Το κλίμα-περιβάλλον ενός χώρου στον οποίο βρίσκονται τα υφασμάτινα έργα:

- Φωτισμός
- Σχετική υγρασία
- Θερμοκρασία
- Ατμοσφαιρικοί ρύποι
- Θόρυβος (δονήσεις του αέρα ή του στερεού επαφής)

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ (περιβαλλοντικοί παράγοντες-Φωτισμός) (1)

Το φως με το οποίο φωτίζουμε τα αντικείμενα είναι ενέργεια (ηλιακό, λαμπτήρων κ.ά.).

Ως ενέργεια επηρεάζει κι εκκινεί χημικές αντιδράσεις στα μόρια των οργανικών μορίων του χαρτιού, του υφάσματος, των χρωμάτων (ορισμένες των οποίων είναι καταστροφικές).

Η φθορά που προέρχεται από το φως είναι συνάρτηση: α) του **χρόνου έκθεσης**, β) της **έντασης** του φωτός, γ) της **ποιότητας** δηλαδή του **μήκους κύματος-συχνότητας** του φωτός.

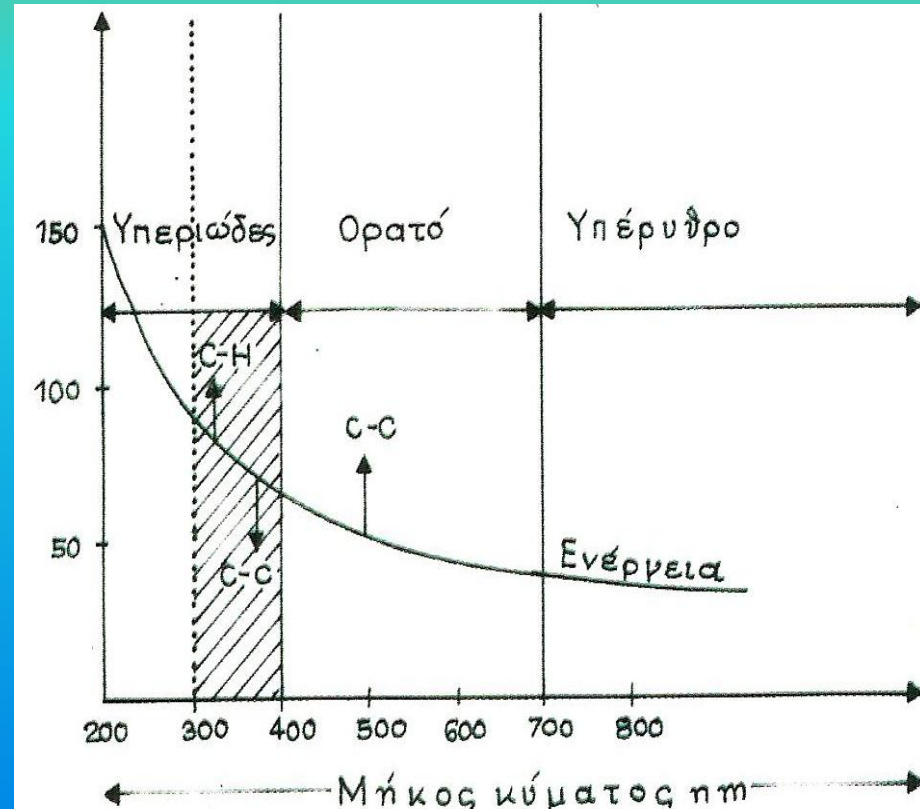
α)+ β) Χρόνος έκθεσης στο φως και **ένταση** του προσπίπτοντος φωτός:

Εκτεταμένη έκθεση των υφασμάτων σε φωτεινή πηγή (ήλιο ή λαμπτήρα) με ένταση άνω των 50 lux (που είναι και το ανώτερο όριο έντασης για τα υφάσματα), προκαλεί ανεπανόρθωτες φθορές στο ύφασμα.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ (περιβαλλοντικοί παράγοντες-Φωτισμός) (2)

γ) Μήκος κύματος-συχνότητας του φωτός (υπεριώδες-UV, ορατό-VIS και υπέρυθρο-IR).

Το **υπεριώδες (UV)** έχει τη μεγαλύτερη ενέργεια και «σπάει» χημικούς δεσμούς (C-C, C-H, C=O) στα μόρια των οργανικών ενώσεων του υφάσματος (πρωτεϊνών και κυτταρίνης). Η δράση αυτή του υπεριώδους φωτός λέγεται **φωτολυτική**. Το **ορατό (VIS)** δεν σπάει τους χημικούς δεσμούς των υφασμάτων αλλά μπορεί να δράσει καταστροφικά στα χρώματα.



Η δράση αυτή του ορατού φωτός λέγεται **φωτοχημική** ή **φωτοοξειδωτική**.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ (περιβαλλοντικοί παράγοντες-Φωτισμός) (3)

Η δράση του φωτός εξαρτάται και από τη φύση της ίνας:

- Το λινό χάνει σταδιακά την συνεκτικότητά του στο έντονο φως.
- Όμοια το βαμβακερό το οποίο επιπλέον μετατρέπεται σταδιακά από λευκό σε κίτρινο.
- Στο μάλλινο ύφασμα η κερατίνη αποσυντίθεται στο φως, ή υφή του «αγριεύει», το χρώμα του αλλοιώνεται.
- Το μετάξι αποσυντίθεται παρουσία έντονου φωτός.

ΣΥΝΟΛΙΚΑ λοιπόν το φως προκαλεί :
Αποχρωματισμό του υφάσματος, ευθρυπτότητα
δηλαδή αρχίζει να τρίβεται εύκολα κι «ανοίγει»
η ύφανσή του

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ (περιβαλλοντικοί παράγοντες-Φωτισμός) (4)

Παραδείγματα φθορών



ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΤΕΧΝΗΣ (Λαμπρόπουλου, Νταλούκα κ.ά. , ΤΟΜΕΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ)

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Σχετική υγρασία και θερμοκρασία) (1)

Σχετική υγρασία (RH-relative humidity)=

Πραγματική υγρασία σε κάθε m^3 αέρα σε ορισμένη θερμοκρασία

Μέγιστη δυνατή υγρασία σε κάθε m^3 αέρα στη θερμοκρασία αυτή

(45%-70% είναι μία καλή περιοχή τιμών σχετικής υγρασίας και 17-24° C είναι μία καλή περιοχή τιμών θερμοκρασίας):

• Για τιμές της σχετικής υγρασίας κάτω του 45% προκαλείται **αλλαγή του μεγέθους του υφάσματος λόγω συστολής-εξάτμιση** του περιεχόμενου νερού και άνω του 70% **προκαλείται αλλαγή του μεγέθους του υφάσματος λόγω διαστολής –απορρόφηση νερού**. Οι συνεχείς συστολές και διαστολές αποδυναμώνουν μακροχρόνια το ύφασμα.

• Επιπλέον με αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνονται όλες οι χημικές αντιδράσεις φθοράς (υπάρχει ο πολύ γενικός κανόνας ότι για κάθε 10° C αύξηση θερμοκρασίας διπλασιάζεται η ταχύτητα μιας αντίδρασης).

• Η εξάτμιση του νερού (για $RH < 45\%$) δημιουργεί λεκέδες και για $RH > 70\%$ ξεβάφουν-αποχρωματίζονται οι βαφές. Επίσης σε υψηλές υγρασίες ευνοείται η ανάπτυξη μηκύτων.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Σχετική υγρασία και θερμοκρασία) (2)

ΠΗΓΕΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ:

- Βροχή,
- Βλάστηση
- Ελαττωματικοί σωλήνες καλοριφέρ, ύδρευσης, αποχέτευσης του κτηρίου
- Πλύσιμο δαπέδων κι επιφανειών
- Αναπνοή-εφίδρωση ανθρώπων και ζώων
- Υδρατμοί στα παράθυρα
- κ.ά.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Ατμοσφαιρικοί ρύποι)

Βασική παράμετρος φθοράς στην ατμόσφαιρα είναι η ρύπανση.

Κύριοι ρύποι:

- α. Το διοξείδιο του θείου (SO_2) και τις ενώσεις του.
- β. Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και τις ενώσεις του.
- γ. Το όζον (O_3).
- δ. Τα αιωρούμενα σωματίδια και την αιθάλη.

- Τα δύο πρώτα αντιδρώντας με νερό δίνουν θειικό οξύ και νιτρικό οξύ αντίστοιχα, τα οποία διαβρώνουν την κυτταρίνη είτε τις πρωτεΐνες του υφάσματος.
- Το όζον παρουσία νερού μετατρέπεται σε υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2 -οξυζενέ), το οποίο λευκαίνει το ύφασμα και τις βαφές του.
- Οι σκόρες και η κάπνα επικάθονται στο ύφασμα και παρουσία νερού καταλύουν-επιταχύνουν τις χημικές αντιδράσεις φθοράς.
 - Γενικά οι ζωϊκές ίνες (μαλλί, μετάξι) είναι πιο ανθεκτικές στα οξέα (όχι όμως πλήρως ανθεκτικές) σε σχέση με τις φυτικές ίνες (βαμβάκι, λινό).
- Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι διαβρώνουν σε κάποιο βαθμό και τις πολύ λεπτές ασημένιες ή χάλκινες κλωστές .

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

(περιβαλλοντικοί παράγοντες-Θόρυβος)

Ήχος κι ακουστικό κύμα, δεν είναι παρά μετάδοση δονήσεων που παράγονται από αυτοκίνητα του περιβάλλοντος, μοτέρ που λειτουργούν στο χώρο, έντονη βάδιση, κρουστικά εργαλεία κ.ά., τα οποία επιδρούν αρνητικά στα υφασμάτινα έργα.

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

(Βιολογικοί παράγοντες) (1)

Οι βιολογικοί παράγοντες που προκαλούν βλάβη στα έργα τέχνης είναι: **μύκητες, βακτήρια, έντομα, τρωκτικά.**

Τι ευνοεί την εμφάνιση των παραπάνω: η **υψηλή θερμοκρασία**, η **υψηλή σχετική υγρασία**, η **έλλειψη καθαριότητας**, οι **οργανικές ύλες** εντός του χώρου του έργου, το ίδιο το υλικό του υφάσματος.

Μύκητες-Βακτήρια: είναι κατώτεροι οργανισμοί. Αντλούν την τροφή τους (π.χ. άνθρακας) από οργανικά υλικά. Πολλαπλασιάζονται γρήγορα αν η θερμοκρασία είναι 24-30° C για τους μύκητες και 30-40° C για τα βακτήρια κι όταν η σχετική υγρασία είναι 70% για τους μύκητες και 50-70% για τα βακτήρια.

Τα τρωκτικά και τα έντομα (κυρίως ο σκώρος) προκαλούν απώλεια υλικού, δημιουργία οπών, διαμελισμό του υφάσματος.

Οι μύκητες και τα βακτήρια προκαλούν αποχρωματισμό του υφάσματος, δυσάρεστη οσμή, αποδυνάμωση του υλικού. Ειδικά οι μύκητες, παράγουν οξέα, στα οποία είναι ευαίσθητα όπως ειπώθηκε οι φυτικής προέλευσης ίνες από κυτταρίνη (βαμβάκι και λινό)

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ

(Βιολογικοί παράγοντες) (2)



Επίδραση
σκώρου

ΠΕΡΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΑΣΜΑΤΟΣ (ανθρώπινος παράγοντας)

Αλόγιστη ή και υπερβολική χρήση καθότι τα υφάσματα χρησιμοποιούνται για καθημερινή ένδυση και διακόσμηση.

Χρήση ουσιών λεύκανσης όπως χλωρίνες που αδυνατίζουν την ίνα.

Χρήση φτηνών και ακατάλληλων απορρυπαντικών.

Συχνότατο πλύσιμο.

Επεμβάσεις αποκατάστασης φθοράς και πρόχειρων επιδιορθώσεων σε πολύ φθαρμένα υφάσματα.

Έκθεση του υφάσματος σε ακατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες