

ΣΚΕΔΑΣΗ ΦΩΤΟΣ ΑΠΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ

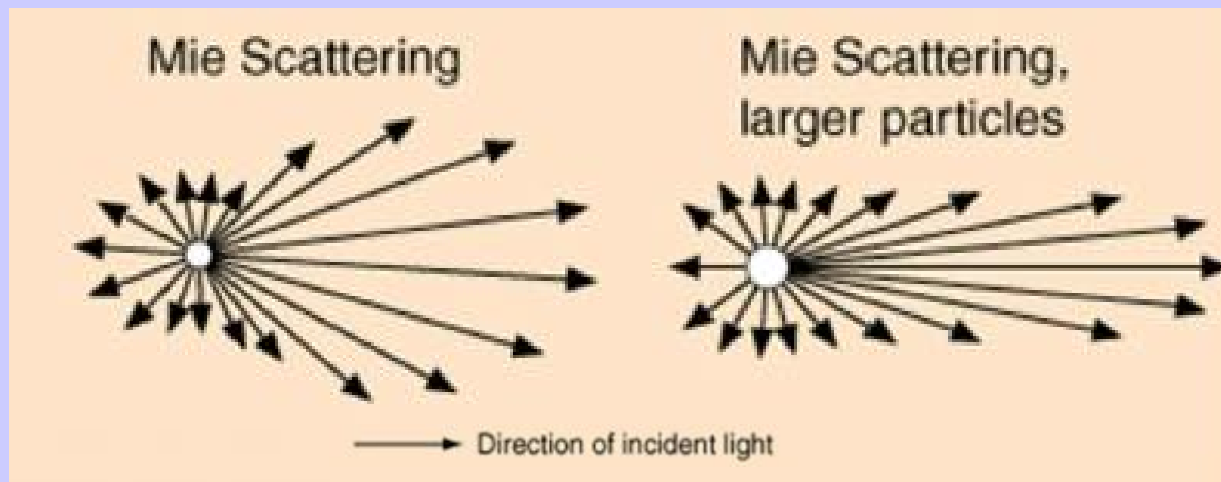
- Η σκέδαση του φωτός από τους βιολογικούς ιστούς είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο που οφείλεται στη μεγάλη ανομοιογένεια της βιολογικής ύλης σε μικροσκοπικό επίπεδο.
- Μπορούμε να αναγνωρίσουμε διάφορα μακρομόρια και μορφολογικές δομές υπεύθυνες για τη σκέδαση π.χ. πρωτεϊνικά μόρια, κυτταρικά οργανίδια, κύτταρα καθαυτά, μακρομοριακά συμπλέγματα και δομές του συνδετικού ιστού κ.α.
- Η σκέδαση μπορεί να είναι ελαστική (π.χ. Rayleigh, Mie) ή μη ελαστική (π.χ. σκέδαση Raman).
- Κυριαρχεί συνήθως η σκέδαση τύπου Mie.
- Την σκέδαση μπορούμε γενικά να την περιγράψουμε με την ένταση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας σε μια τυχαία κατεύθυνση (συχνά αρκεί μια γωνία φ από την αρχική κατεύθυνση του φωτός για την περιγραφή).
- Στους βιολογικούς ιστούς η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός είναι γενικά μεγαλύτερη για σχετικά μικρές γωνίες (π.χ. μικρότερες από 30-40 μοίρες).

ΣΚΕΔΑΣΗ ΜΙΕ ΑΠΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ

- Περιγράφει τη σκέδαση του φωτός από σφαιρικούς σκεδαστές με οποιαδήποτε διάμετρο.
- Στη βιοϊατρική οπτική μιλάμε για σκέδαση Mie όταν έχουμε σκεδαστές περίπου της ίδιας τάξης μεγέθους με το μήκος κύματος του φωτός.
- Στα βιολογικά υλικά δεν υπάρχουν τελείως σφαιρικοί σκεδαστές αλλά μπορούμε να θεωρήσουμε προσεγγιστικά περιπτώσεις σκεδαστών με περίπου σφαιρικό σχήμα.
- Η σκέδαση Mie είναι γενικά πολύ ανισοτροπική (ισχυρή σκέδαση σε μικρές γωνίες). Η ανισοτροπία γενικά αυξάνει καθώς αυξάνει το μέγεθος του σκεδαστή.
- Είναι σκέδαση ελαστική (δεν χάνεται ενέργεια κατά τη σκέδαση).
- Η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός δεν παρουσιάζει γενικά έντονη εξάρτηση από το μήκος κύματος του φωτός.

ΣΚΕΔΑΣΗ ΜΙΕ

- Σκέδαση Mie με μικρότερη (αριστερά) και μεγαλύτερη (δεξιά) ανισοτροπία σκέδασης, από μικρότερου ή μεγαλύτερου μεγέθους σκεδαστή αντίστοιχα.

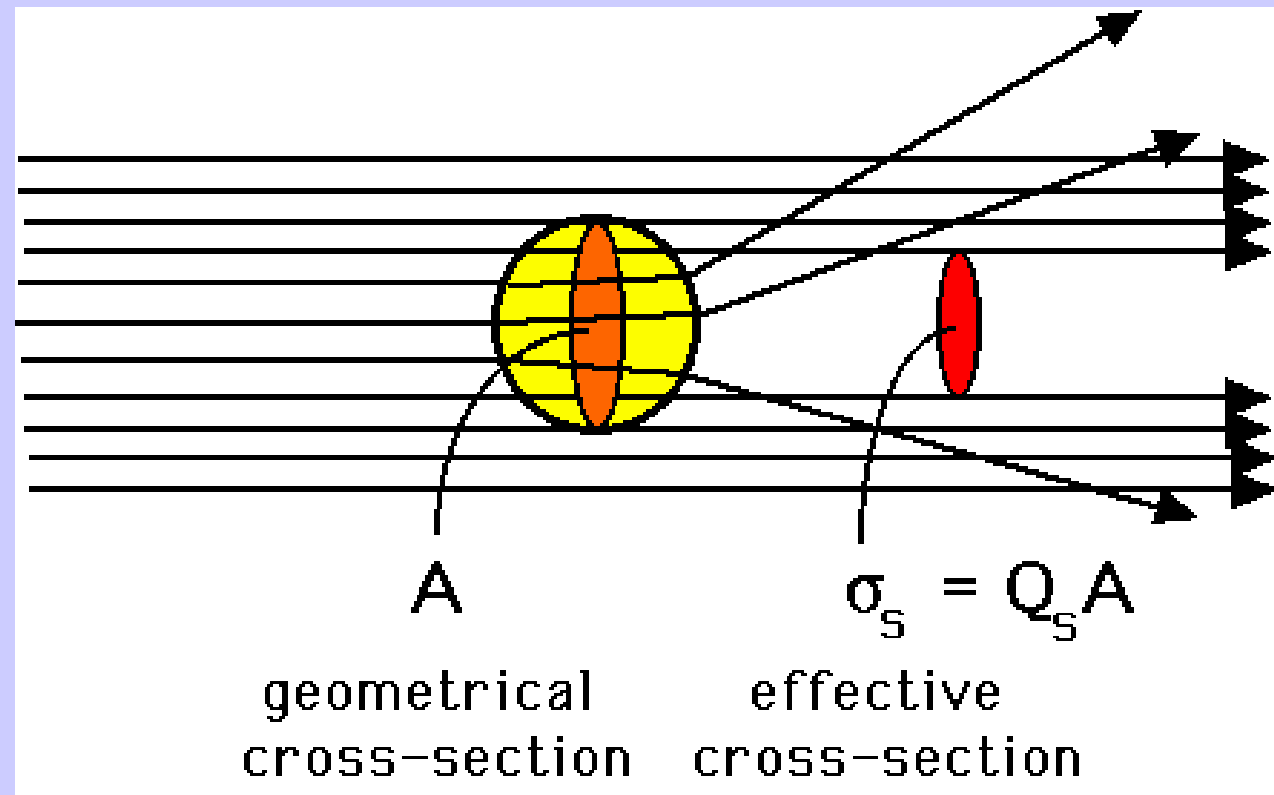


- Δεν υπάρχει γενική αναλυτική λύση σε κλειστή μορφή, αλλά ο υπολογισμός της γίνεται σχετικά εύκολα αριθμητικά με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.

ΣΚΕΔΑΣΗ ΜΙΕ

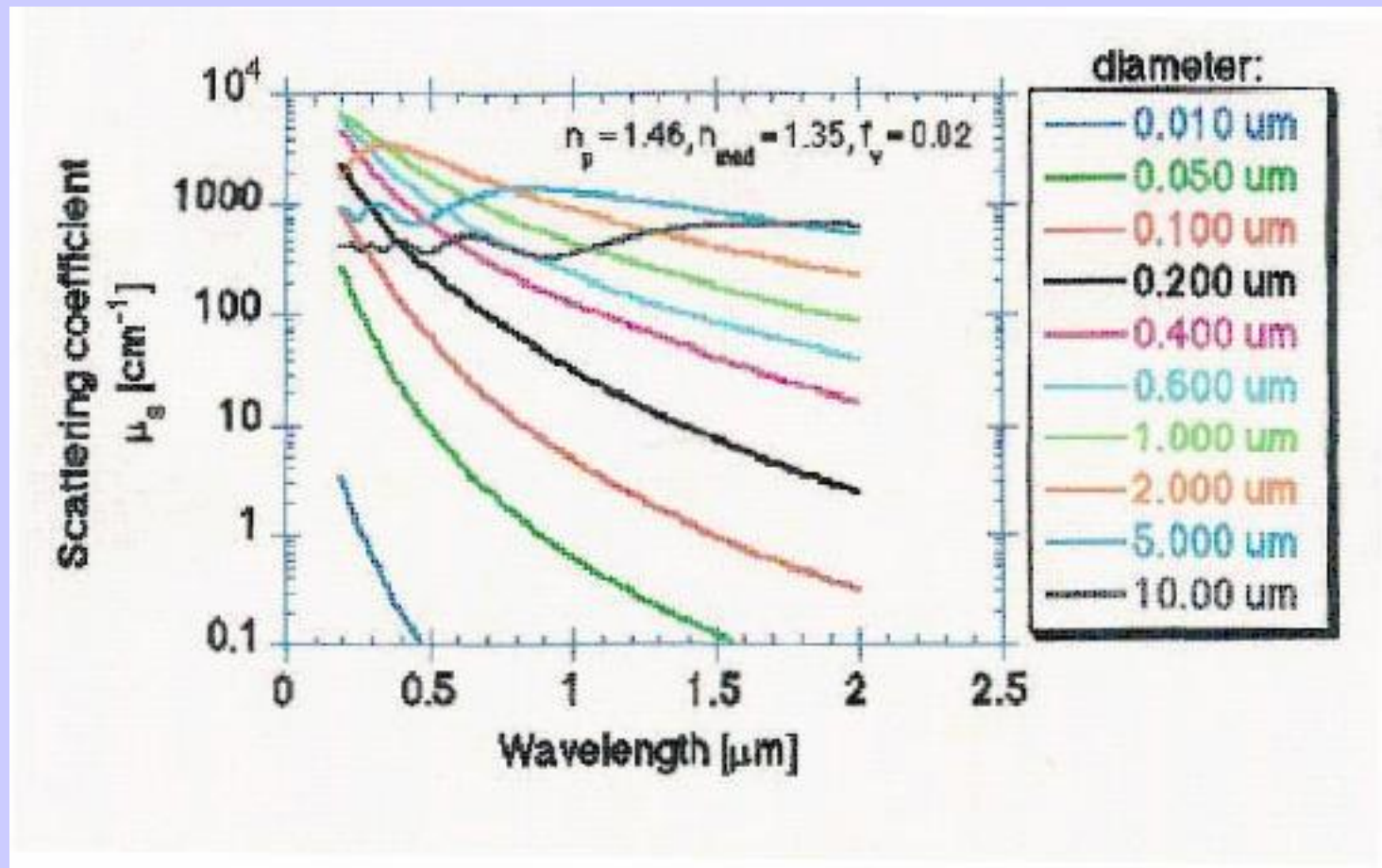
Ενεργός Διατομή Σκέδασης

Η ενεργός διατομή σκέδασης είναι ίση με τη γεωμετρική ενεργό διατομή (A) επί τον παράγοντα Q_s λόγω της σκέδασης Mie.



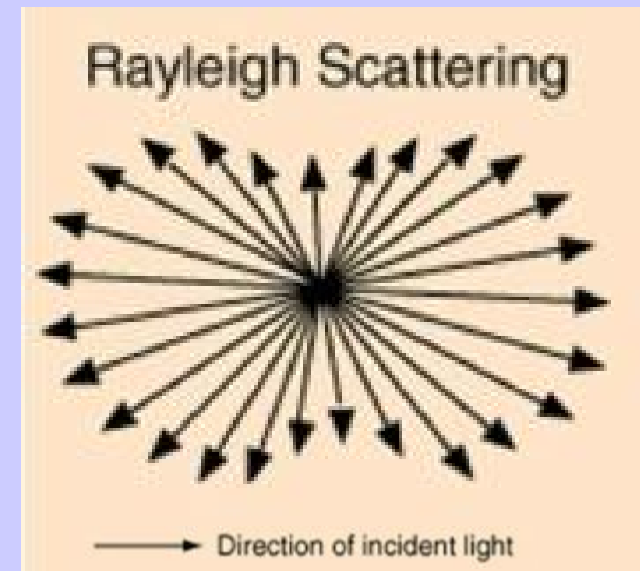
ΣΚΕΔΑΣΗ ΜΙΕ

- ▶ Παράδειγμα εξάρτησης της σκέδασης Mie από τη διάμετρο του σκεδαστή.
- ▶ Η εξάρτηση γίνεται λιγότερο έντονη όσο αυξάνει η διάμετρος του σκεδαστή.



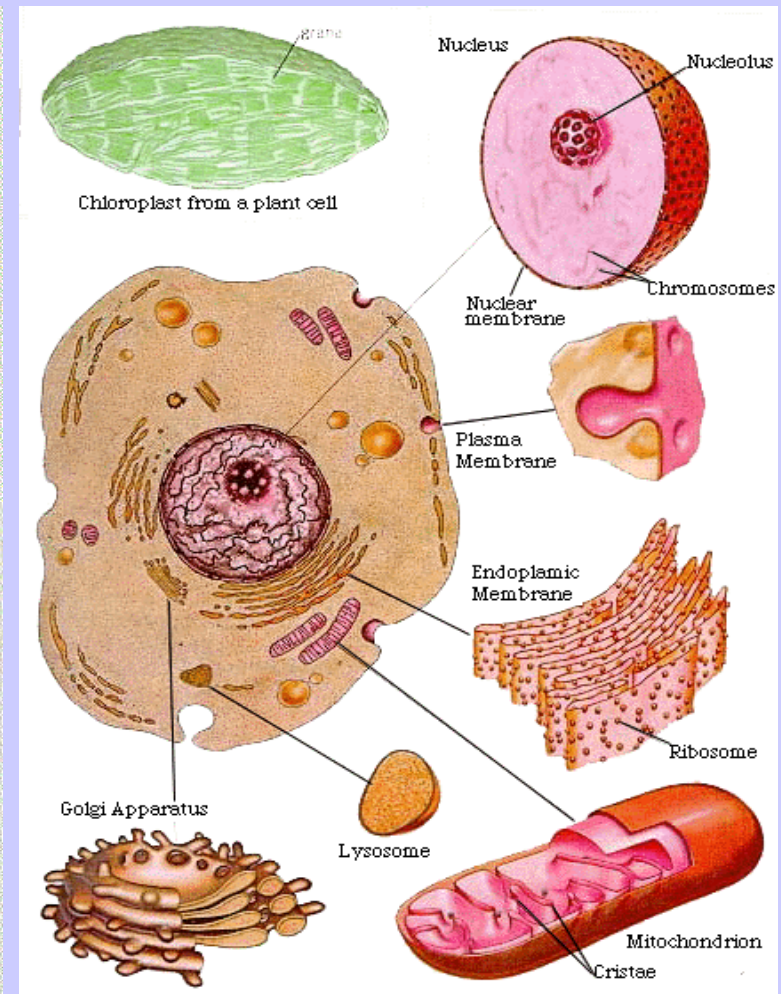
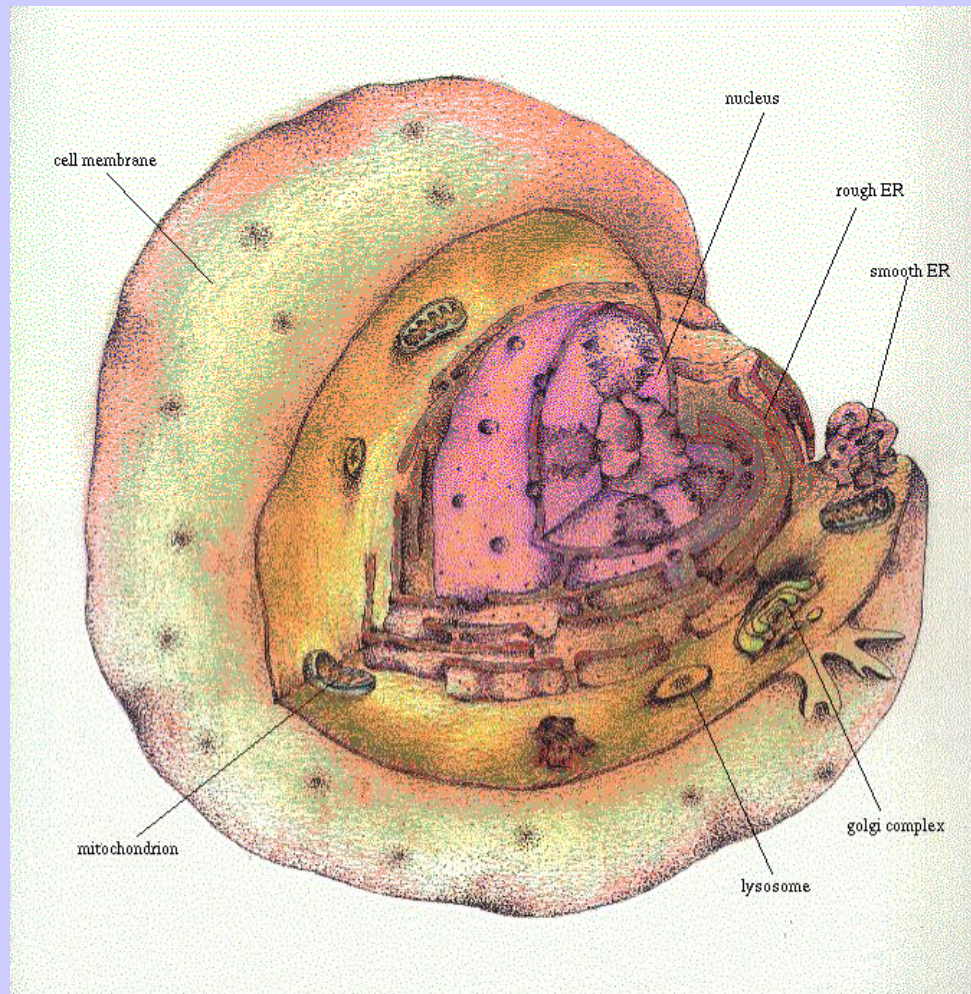
ΣΚΕΔΑΣΗ RAYLEIGH ΑΠΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ

- Περιγράφει τη σκέδαση του φωτός από σκεδαστές με διαστάσεις τουλάχιστον μιας τάξης μεγέθους μικρότερης από το μήκος κύματος του φωτός ($< \lambda/10$).
- Είναι σκέδαση συμμετρική και περίπου ισοτροπική.
- Η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός είναι αντιστρόφως ανάλογη της τέταρτης δύναμης του μήκους κύματος του φωτός ($\sim \lambda^{-4}$).
- Είναι γενικά αρκετά πιο ασθενής σε σχέση με τη σκέδαση Mie.
- Το μπλέ χρώμα του ουρανού οφείλεται σε σκέδαση Rayleigh του ηλιακού φωτός από τα μόρια της ατμόσφαιρας.
- Είναι σκέδαση ελαστική.



ΣΚΕΔΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ: ΚΥΤΤΑΡΟ

Διάφορα οργανίδια, μεμβράνες, μακρομόρια, και μορφολογικοί σχηματισμοί μπορεί να είναι υπεύθυνα για τη σκέδαση του φωτός.



ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΚΕΔΑΣΤΕΣ

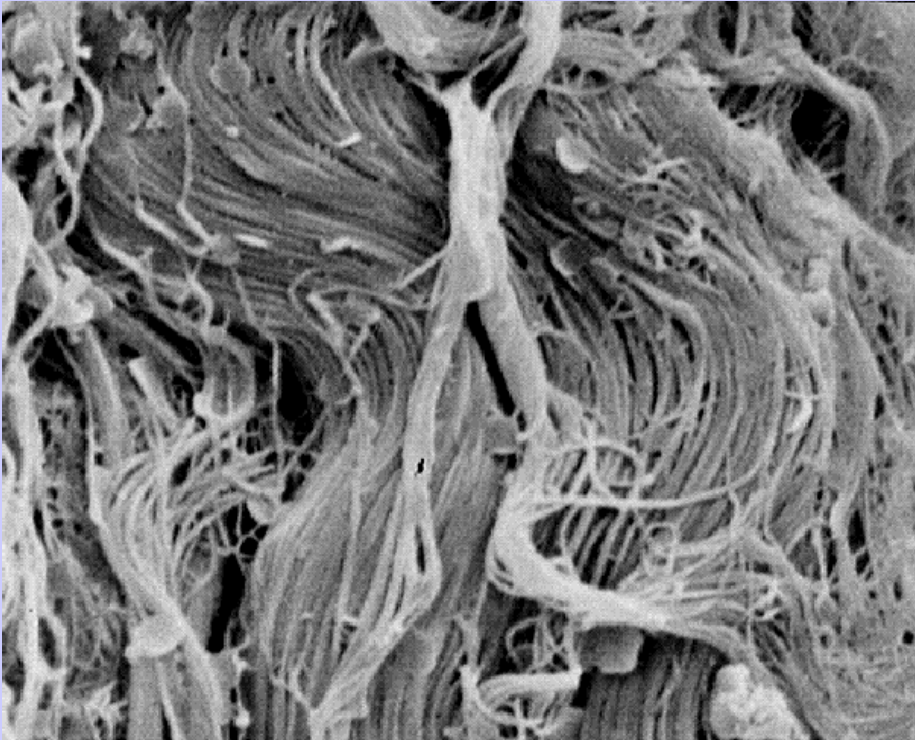
ΜΙΤΟΧΟΝΔΡΙΑ



- κυτταρικά οργανίδια με διαστάσεις εκατομμυριοστού του μέτρου.
- έχει βρεθεί ότι είναι σημαντικοί σκεδαστές του φωτός.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΚΕΔΑΣΤΕΣ

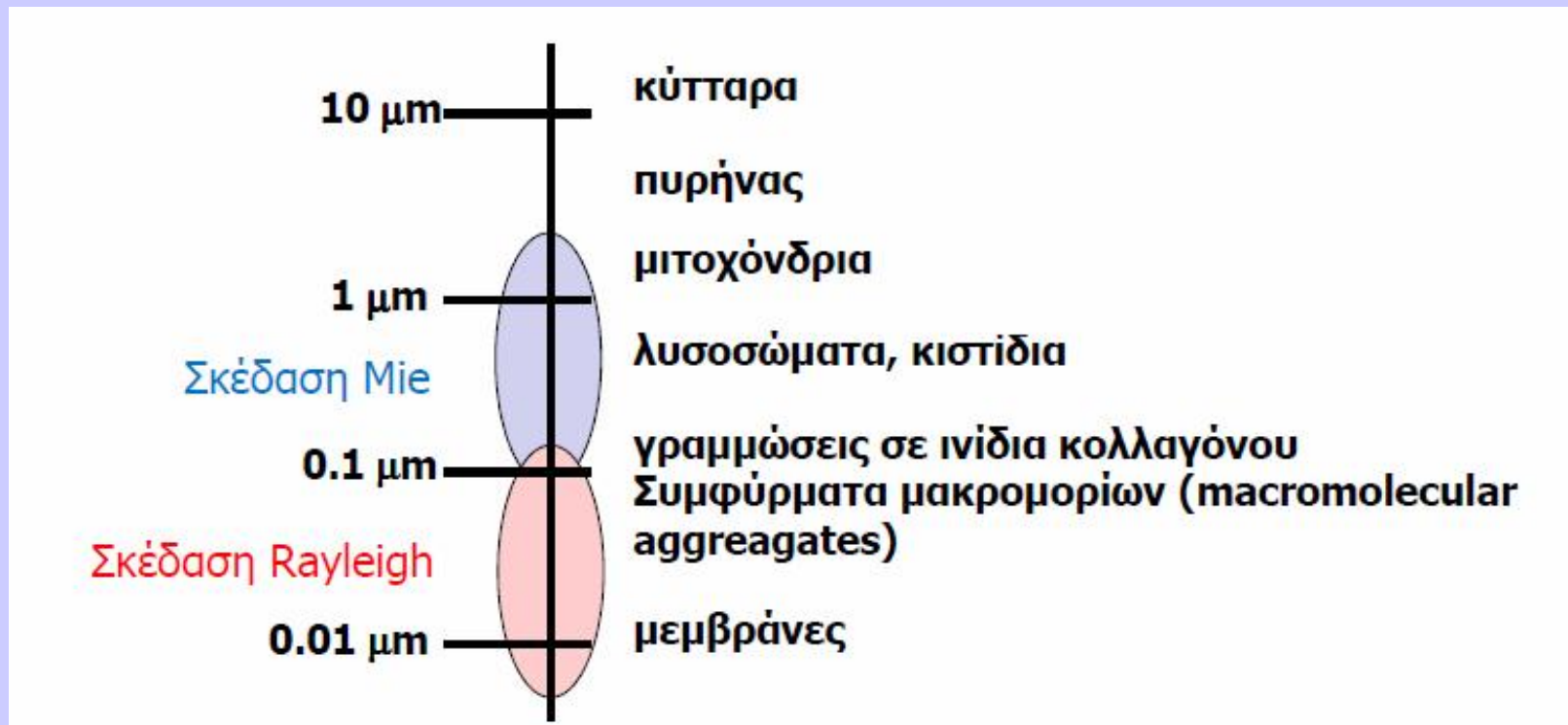
Κολλαγόνο



- ▶ Ο εξωκυτταρικός συνδετικός ιστός χαρακτηρίζεται από πολύπλοκους μορφολογικούς σχηματισμούς μακρομορίων όπως το κολλαγόνο
- ▶ Έχει βρεθεί ότι οι σχηματισμοί αυτοί είναι υπεύθυνοι για ισχυρή σκέδαση του φωτός στους βιολογικούς ιστούς.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΚΕΔΑΣΤΕΣ

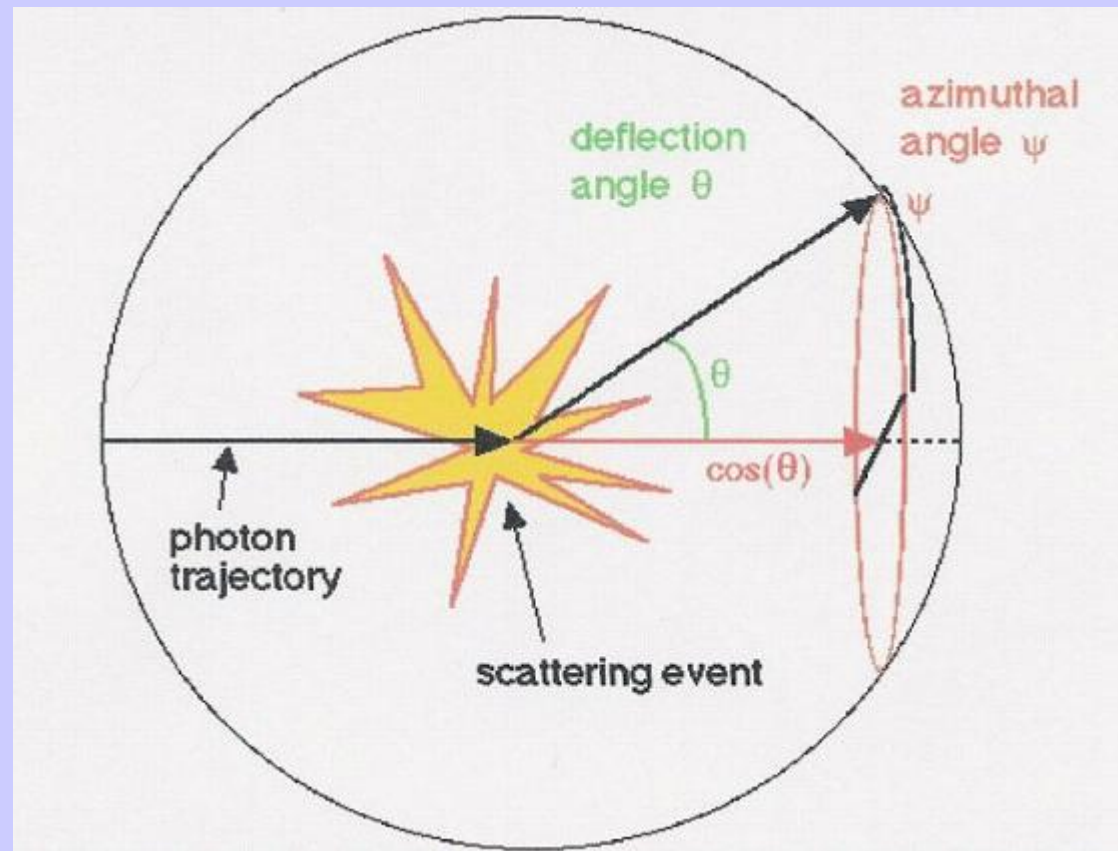
- ♦ τυπικές διαστάσεις διάφορων βασικών βιολογικών σκεδαστών του φωτός.



ΣΚΕΔΑΣΗ

Ισοτροπική και Ανισοτροπική Σκέδαση

Σκέδαση φωτός
κατά μια γωνία θ
γύρω από την
αρχική κατεύθυνση.



ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ

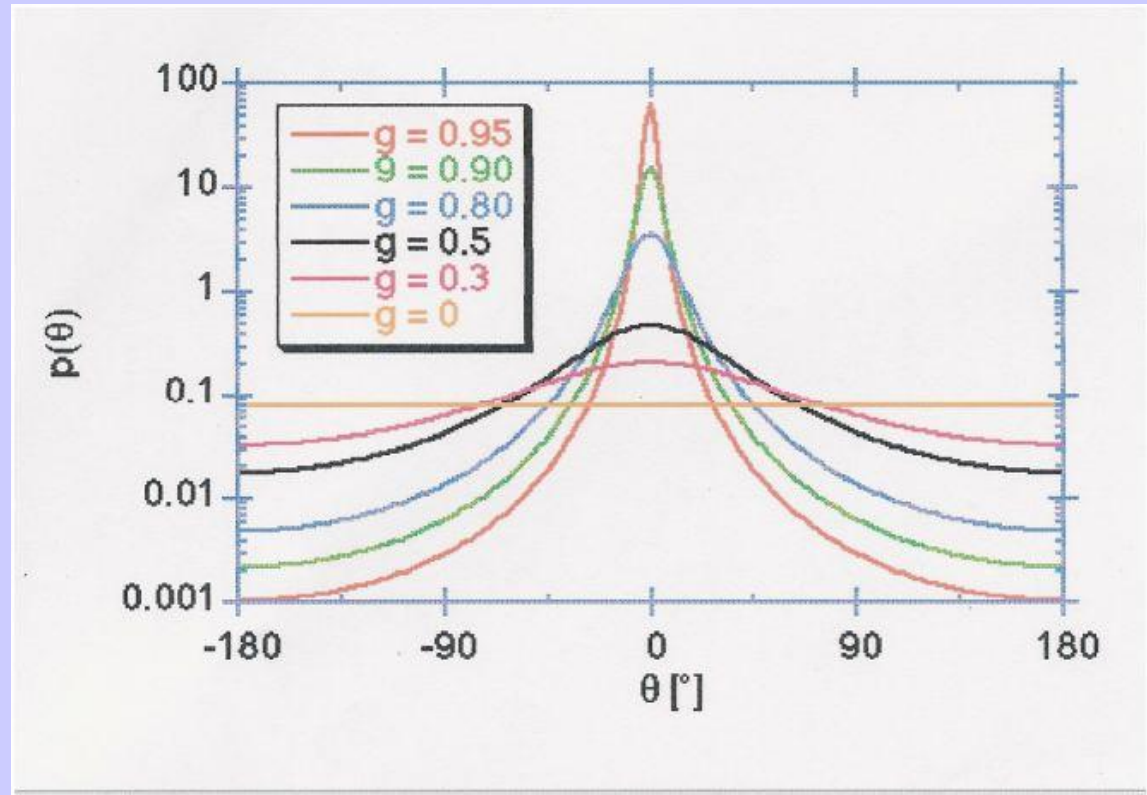
Συνάρτηση Heyney-Greenstein:

Αναλυτική έκφραση που περιγράφει εμπειρικά τη πιθανότητα σκέδασης του φωτός σε γωνία θ σε βιολογικούς ιστούς:

$$p(\theta) = \frac{1}{4\pi} \frac{1 - g^2}{(1 + g^2 - 2g \cos \theta)^{3/2}},$$

$$\int_0^\pi p(\theta) 2\pi \sin \theta d\theta = 1$$

Η παράμετρος g είναι ίση με την μέση τιμή του συνημίτονου της γωνίας σκέδασης και είναι ένα μέτρο της ανισοτροπίας της σκέδασης του φωτός ($g=0$ για ισοτροπική σκέδαση).



ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΚΕΔΑΣΗΣ

Ανηγμένος συντελεστής σκέδασης (reduced scattering coefficient)

- Αρκετές διαδοχικές ανισοτροπικές σκεδάσεις είναι ισοδύναμες με μια ισοτροπική σκέδαση.
- Ο ανηγμένος συντελεστής σκέδασης δίνει μια εκτίμηση για την ισοτροπική «ισχύ» της ανισοτροπικής σκέδασης.

