



# Συσκευασία Τροφίμων

## Ενότητα 13: Ιδιότητες Υλικών Συσκευασίας, 2ΔΩ

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής Του Ανθρώπου

Διδάσκων: Αντώνιος Καναβούρας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





# Μαθησιακοί Στόχοι

- Η παρουσίαση των βασικών ιδιοτήτων των μηχανικών, θερμικών, οπτικών και ιδιοτήτων μεταφοράς μάζας των υλικών συσκευασίας και το πώς επηρεάζουν την επιλογή των υλικών για την εκάστοτε εφαρμογή.

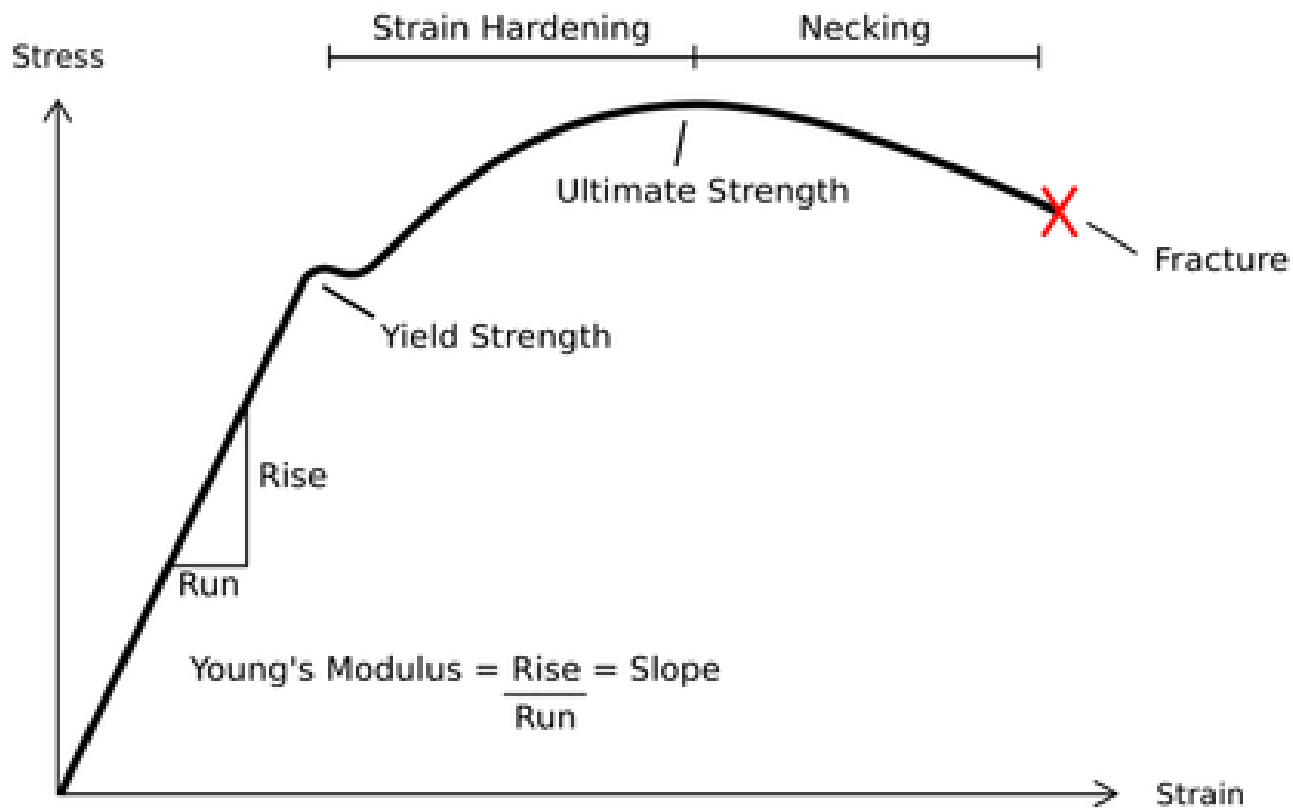


# Λέξεις Κλειδιά

- θερμοδυναμική,
- μεταφορά μάζας,
- μηχανική,
- φως,
- οπτική,
- ανάλυση



# Στρες / Παραμόρφωση (stress/strain)

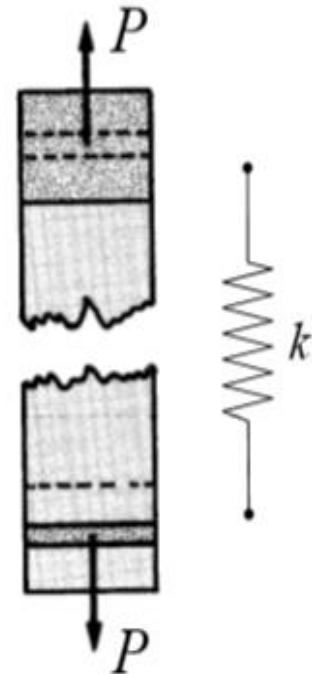
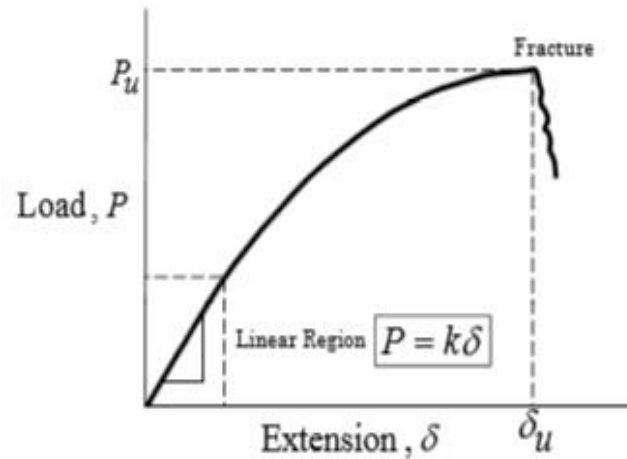
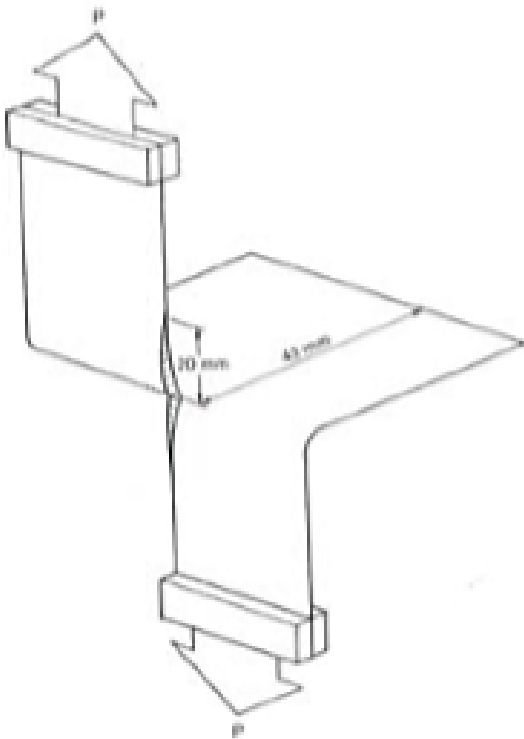




# Αντοχή σε Εφελκυσμό

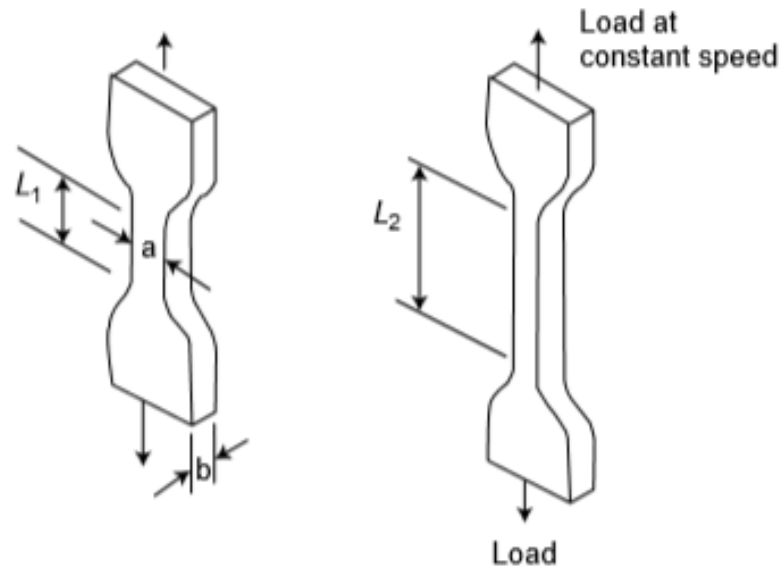
- Σχίσσιμο

- Διάρρηξη





# Τάνυση

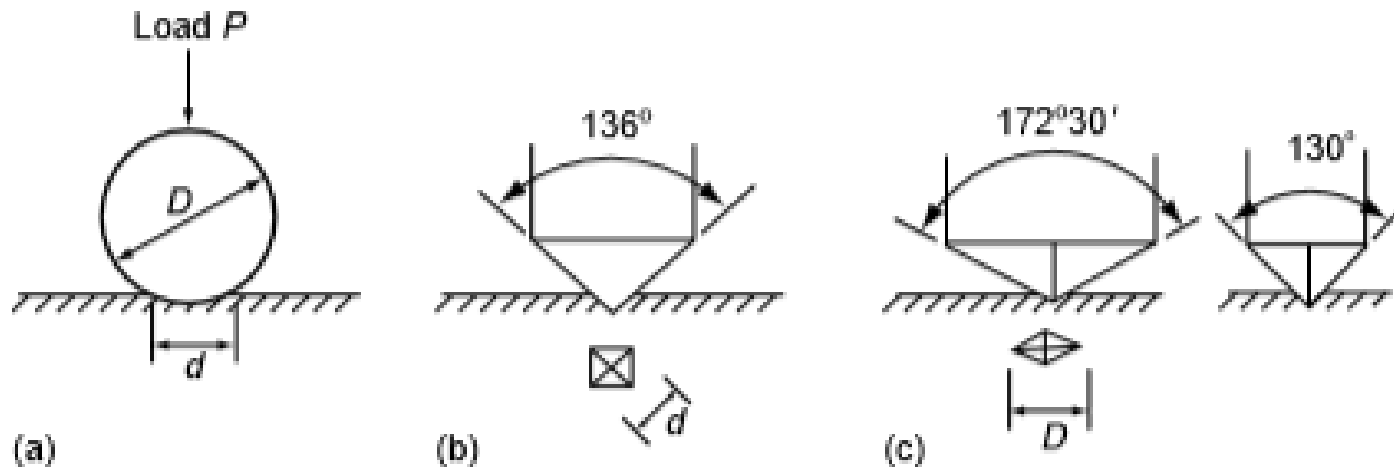


**FIGURE** Tests for tensile strength (stress at fracture of the specimen) and elongation (extension of materials under load) of plastics. The first provides a measure of the breaking strength of the material but is radically affected by the rate of loading and the ambient temperature. Tensile strength in  $\text{lbf}/\text{in}^2$  or  $\text{kgf}/\text{cm}^2 = \text{load (lbf or kgf)} / a \times b$  ( $\text{in}^2$  or  $\text{cm}^2$ ). Standard test methods: BS 2782 method 301, ASTM D638, ISO R527. Elongation  $\% = (L_2 - L_1) \times 100 / L_1$ . Standard test methods: BS 2782 method 301, ASTM D638.



# Σκληρότητα (hardness)

$$\text{BHN} = \frac{\text{Load applied to indenter (kgf)}}{\text{Contact area of indentation (mm}^2\text{)}} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

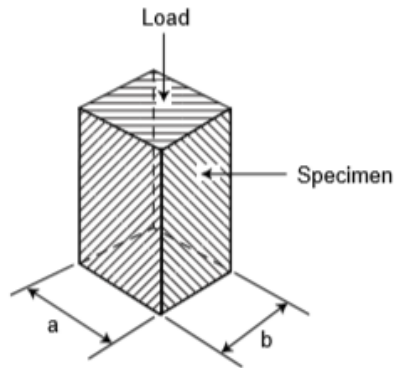


**FIGURE** Indentation hardness tests. (a) Brinell test. (b) Vickers test. (c) Knoop test.



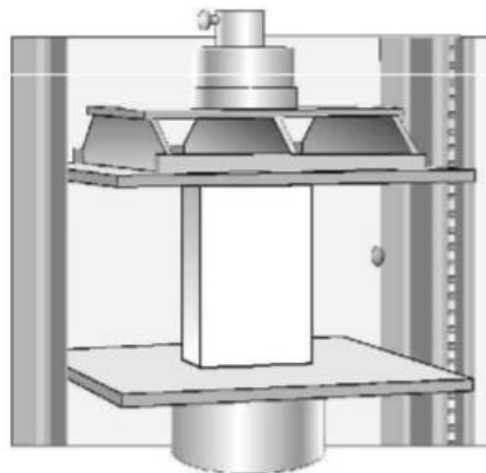
# Κάθετη συμπίεση

## ● Τελικού περιέκτη

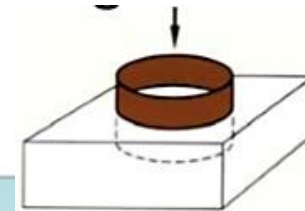


**FIGURE** Test for compressive strength of plastics. Compressive strength ( $\text{lb}/\text{in}^2$  or  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) = load ( $\text{lb}$  or  $\text{kg}$ ) /  $a \cdot b$  ( $\text{in}^2$  or  $\text{cm}^2$ ). Standard test methods: ASTM D795, BS 2782 method 303, ISO R604.

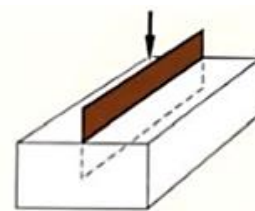
## Box Compression Test (BCT)



## ● Υλικών χαρτιού

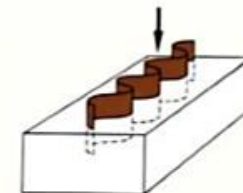


**RCT** - Ring Crush Test for measuring the resistance of paper and paper board to edgewise compression. A special jig is used during the test to hold the test piece in a ring form.

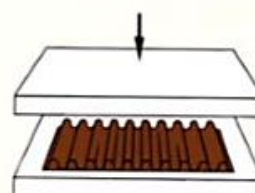


**CLT** - Concora Liner Test measures the same properties as the RCT test, but is carried out in a different type of jig.

### Fluting



**CCT** - Corrugated Crush Test measures the edgewise compression strength of a laboratory-fluted strip of corrugating medium in the direction parallel to the fluted tips.



**CMT** - Concora Medium Test measures the crushing resistance of a laboratory-fluted strip of corrugating medium.

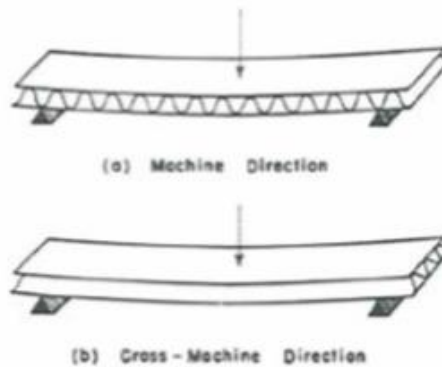




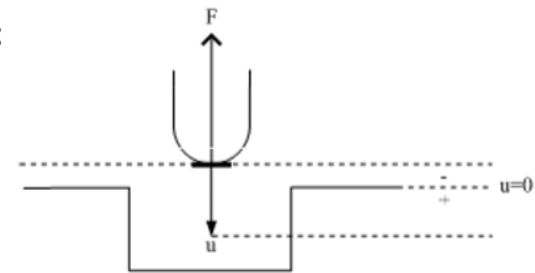
# Ακαμψία και Αντοχή κατά το Λύγισμα

## Bending stiffness

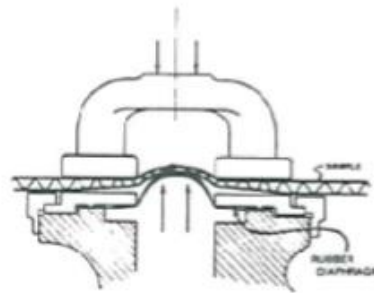
4-point testing used for corrugated board to avoid influence of transverse shear



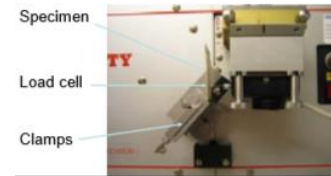
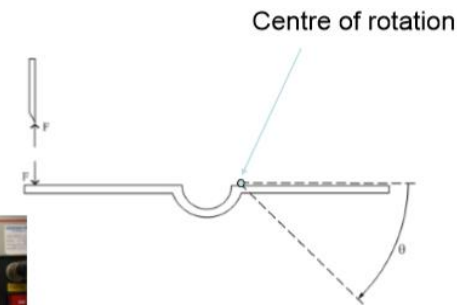
- Reaction force,  $F$
- Displacement



## Burst strength

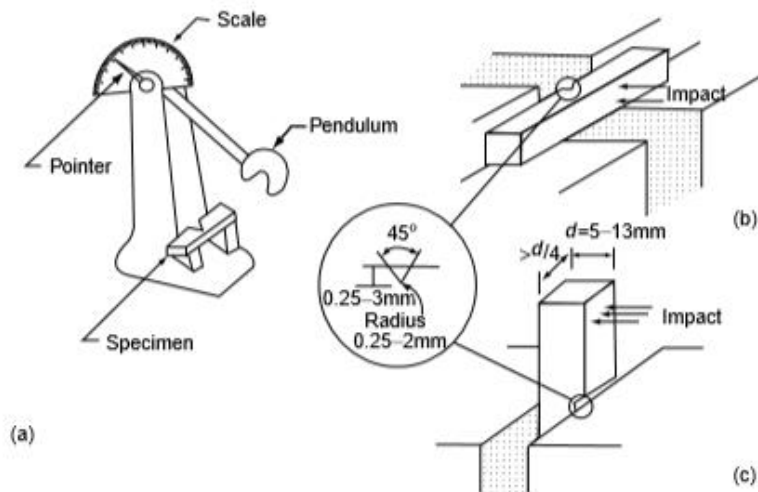


- Reaction force,  $F$
- 
- Rotation angle,  $\theta$

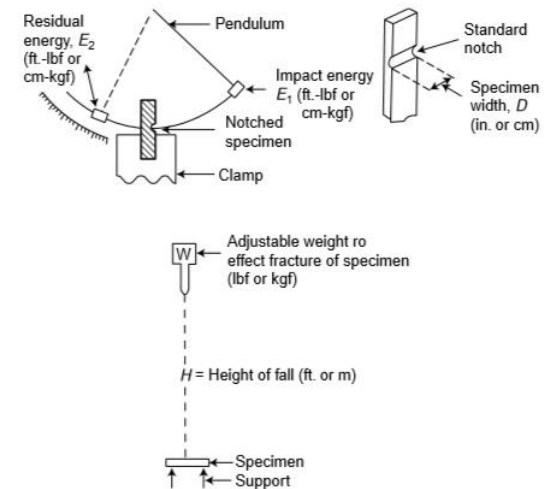




# Αντοχή στην Κρούση



**FIGURE** Impact test. (a) Schematic diagram of Charpy impact testing machine. (b) Arrangement of Charpy impact specimen. (c) Mounting of Izod impact specimen.



**FIGURE** Tests for impact resistance of plastics. Izod impact strength =  $(E_1 - E_2)/D$  ft.-lbf/in. of notch or cm-kgf/cm of notch. Standard test methods: ASTM D256; BS 2782 method 306A, ISO R180. Falling weight impact strength =  $W \cdot H$  ft.-lbf or m-kgf. ( $F_{50}$  is the energy required to fracture 50% of the specimens.) Standard test method: BS 2782 method 306 B.



# Περιστροφή (torsion)



$$\theta = \frac{TL}{k}$$

$k = GK$  for an isotropic material, where  $G$  is the shear modulus and  $K$  depends on the geometry of the cross-section.



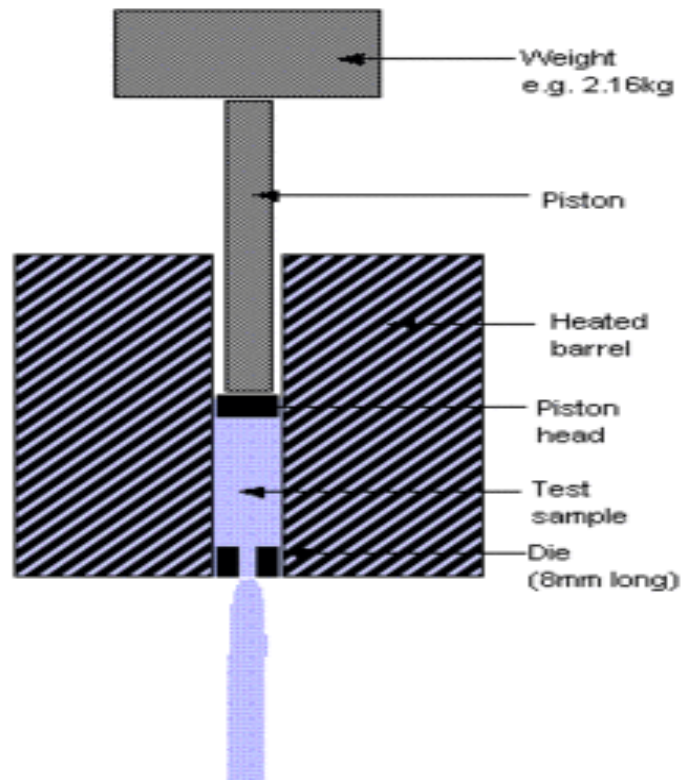
# Κύρτωση (buckling)

Eulers Knickungsfall nr	1	2	3	4	5
Knickungsfigur					

Knickkraft $P_k$	$\frac{\pi^2 EI}{4l^2}$	$\frac{\pi^2 EI}{l^2}$	$\frac{2,05\pi^2 EI}{l^2}$	$\frac{4\pi^2 EI}{l^2}$	$\frac{\pi^2 EI}{l^2}$
------------------	-------------------------	------------------------	----------------------------	-------------------------	------------------------

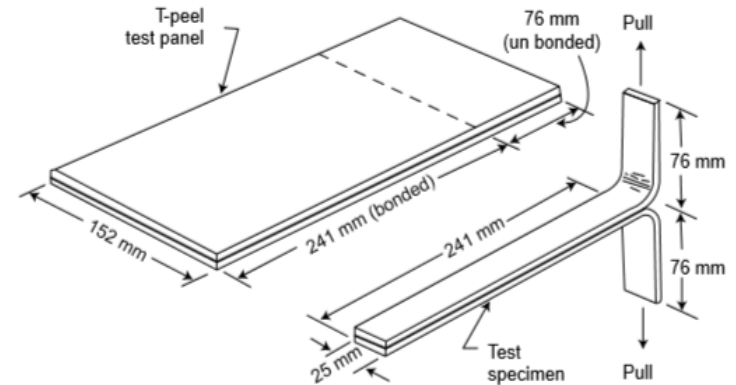
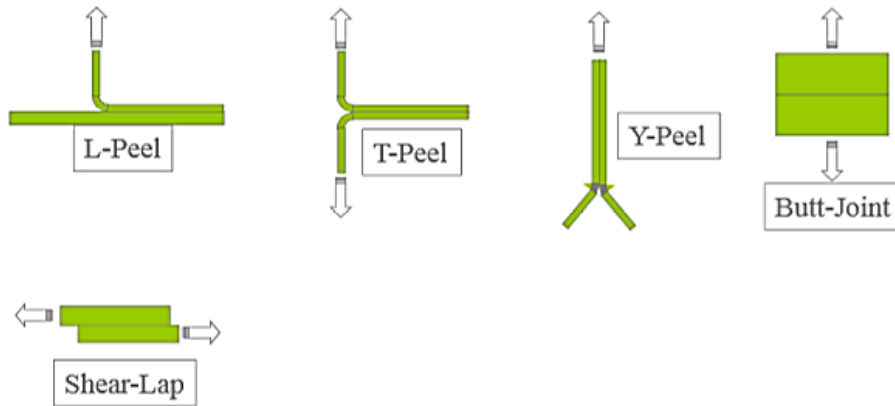


# Δείκτης Ροής Λειωμένου Υλικού (Melt Flow Index – MFI)





# Αποκόλλησης - (peeling)



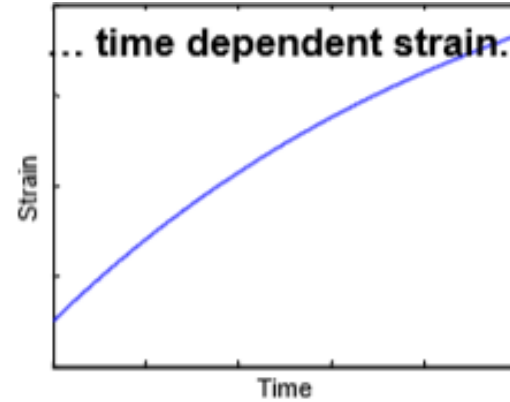
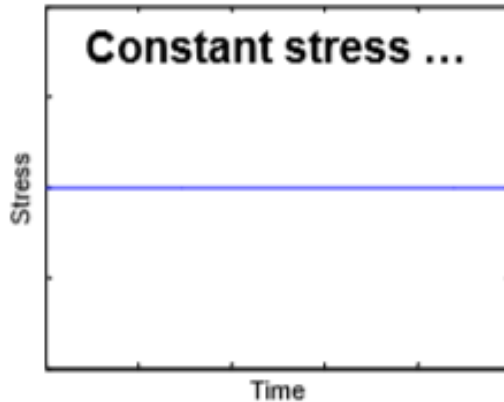
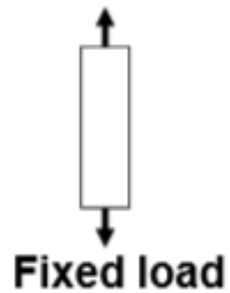
**FIGURE** Test panel and T-type test (T-peel test) specimen for peel resistance of adhesives (standard test method: ASTM D1876-95). The bent, unbonded ends of test specimen are clamped in test grips of tensile testing machine and load applied at a constant head speed of 254 mm (10 in.). Average peeling load (in pounds per inch of specimen width) is determined for the first 127 mm (5 in.) of peeling after the initial peak.

Reference: M. Lestelius, KaU, 2001

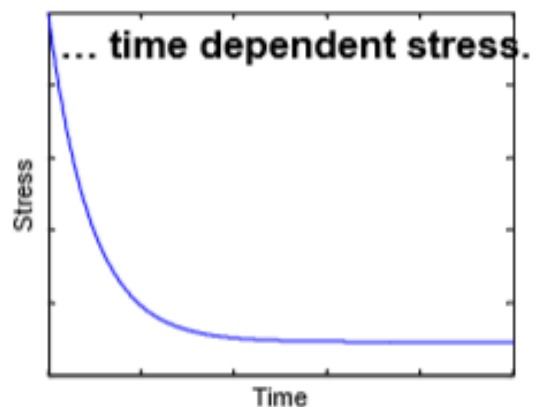
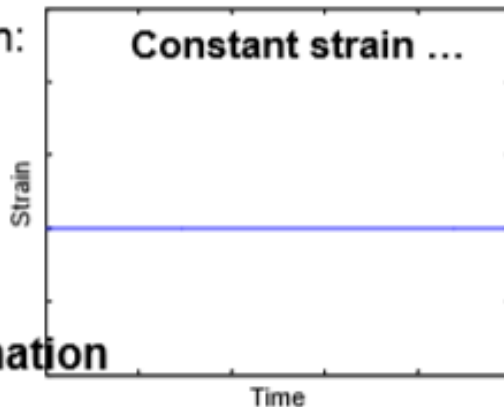
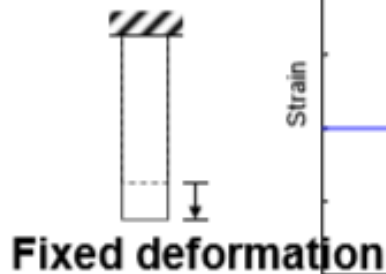


# Ερπυσμός & Χαλάρωση (Creep & Relaxation)

- Creep:



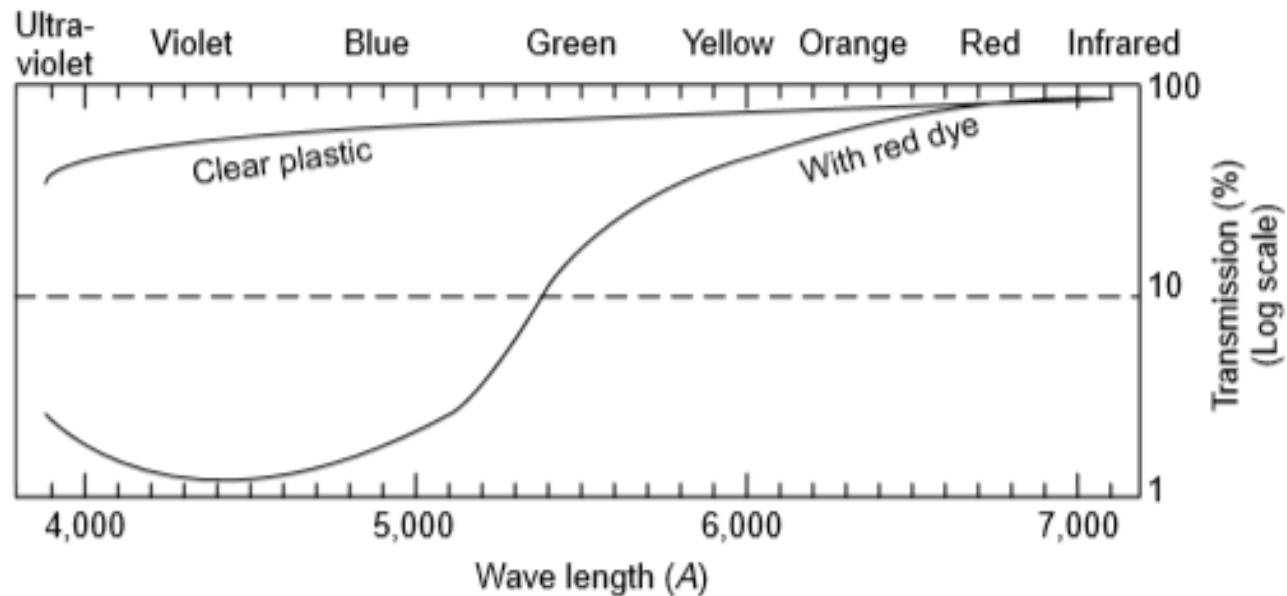
- Relaxation:





# ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ 1/3

- Πυκνότητα



**FIGURE** Light transmission diagram for plastic.





# Οπτικές Ιδιότητες 2/3

## ● Διάθλαση

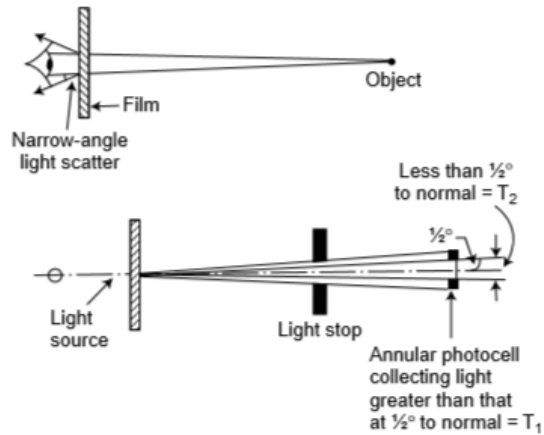


FIGURE . Measurement of narrow-angle light-scattering property of plastic film. Clarity, % =  $100 \times T_1 / (T_1 + T_2)$ .

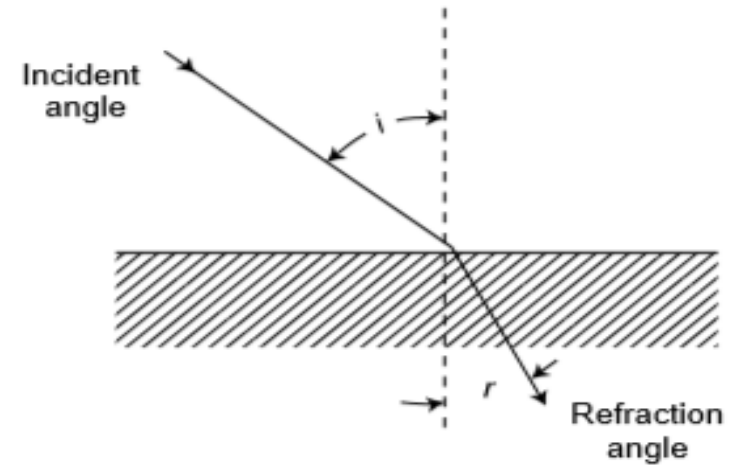
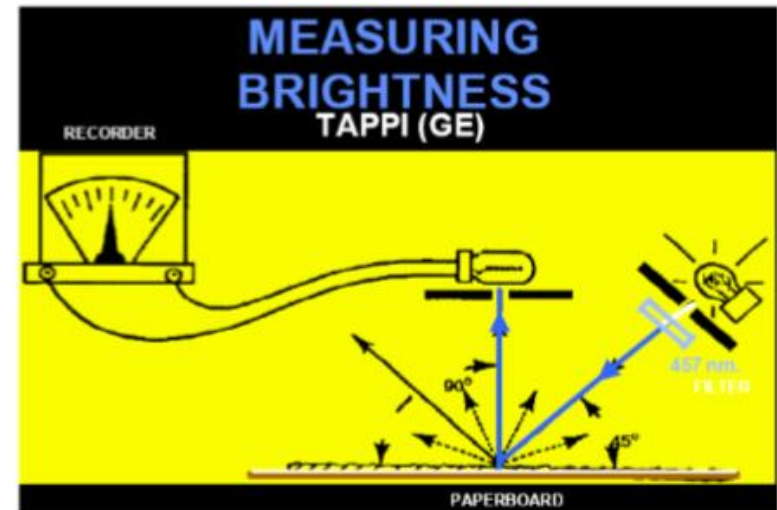
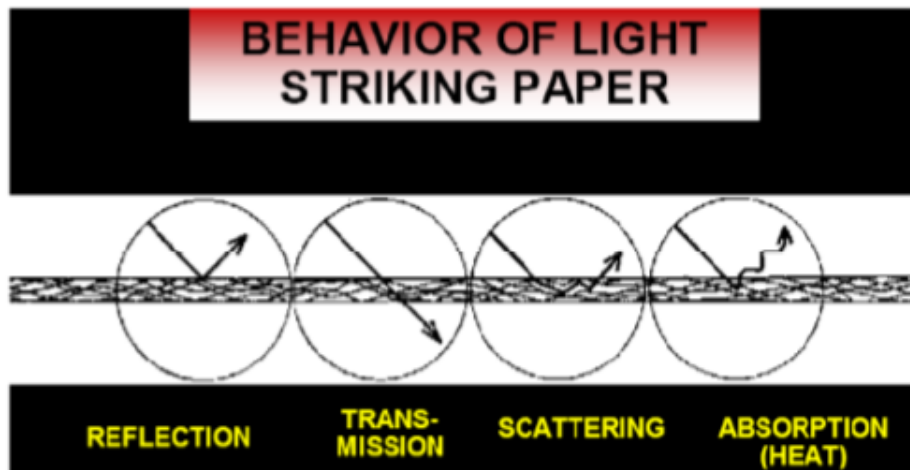


FIGURE . Refraction of light. Index of refraction:  
 $n = (\sin i) / (\sin r)$ .



# Οπτικές Ιδιότητες 3/3

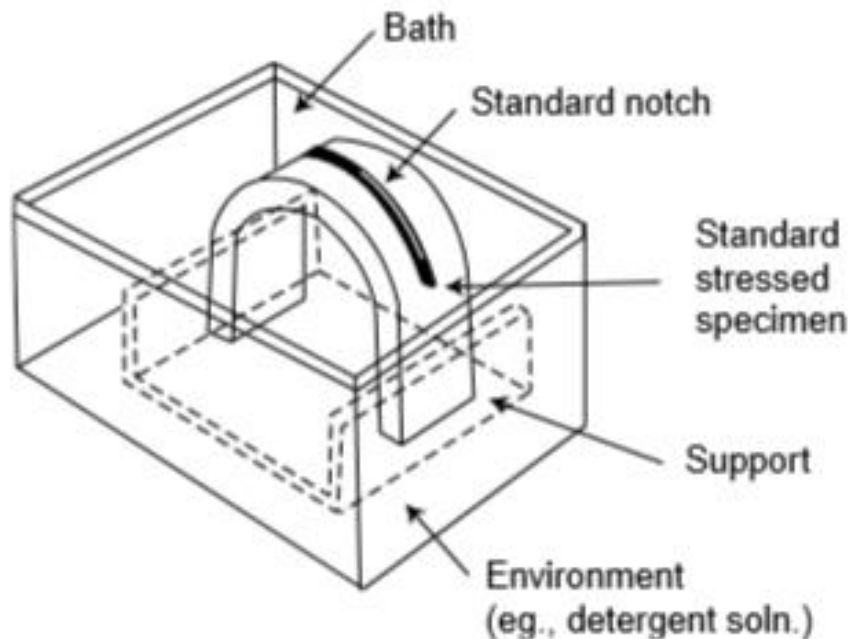
- Λαμπρότητα



Source: MeadWestvaco

Brightness is a measure of the reflectance of blue light at a single wavelength of 457 nm.

# Περιβαλλοντική Καταπόνηση (Stress Cracking)



**FIGURE** Test for environmental stress cracking of ethylene plastics. Stress cracking resistance ( $F_{50}$ ) = time taken for 50% of the specimens to fail ( $h$ ). Standard test method: ASTM D1693.



# Examples 1/3

**Development of Selective Coatings**

**Innovative Detection Techniques**

**Development of Prototypes and Instruments**

Opto-chemical sensors: O<sub>2</sub>, pH, ethanol, H<sub>2</sub>O, BTEX

Spectroscopic sensors: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, NO, Raman

Non-invasive sensors: O<sub>2</sub>, pH, ethanol, CO<sub>2</sub>, TMA

Screening instruments: progesteron, mycotoxines

Opto-enzymatic sensors: glucose, lactate, lactose, urea



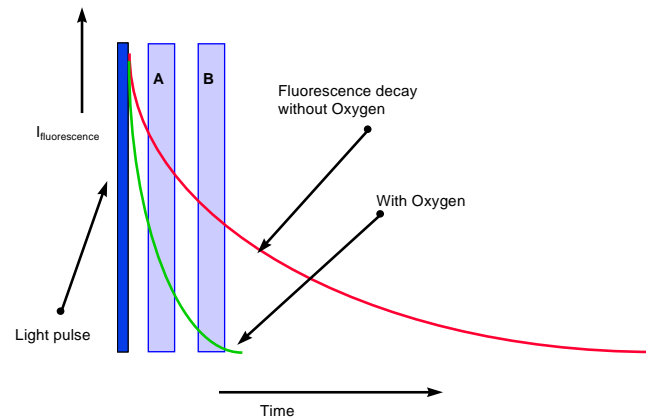
# Examples 2/3

## Optical Oxygen Sensors

based on Fluorescence lifetime detection

### Applications:

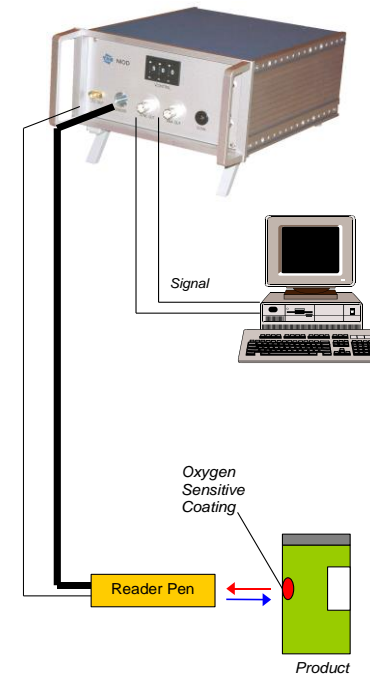
- Oxygen in air ( $pO_2$ ) and water (DO)
- Oxygen control in process industry
- Fiber-optic oxygen sensors
- Non-invasive oxygen detection in food packaging





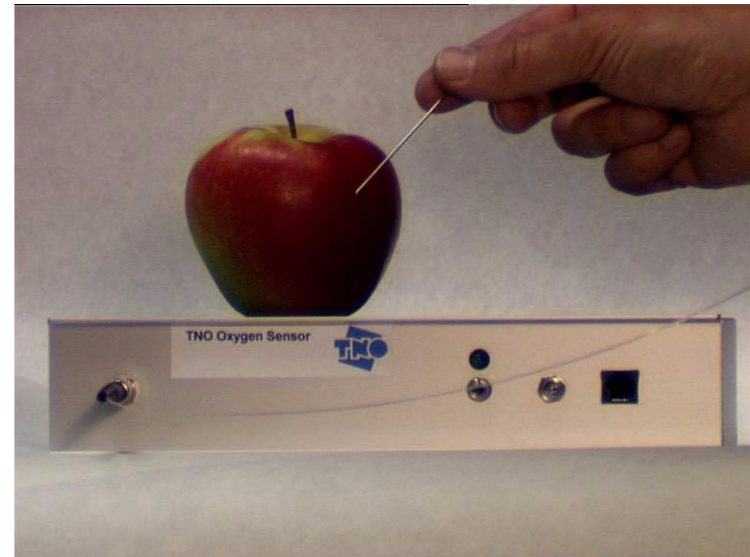
# Examples 3/3

## OxySense Inc. - USA non-invasive oxygen determination





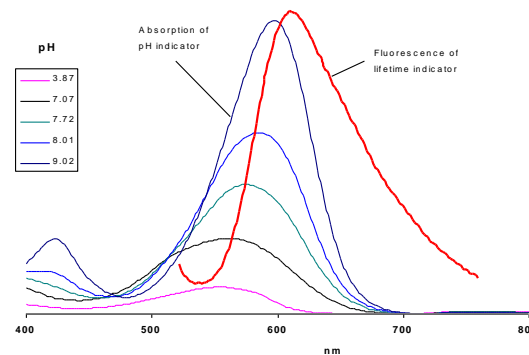
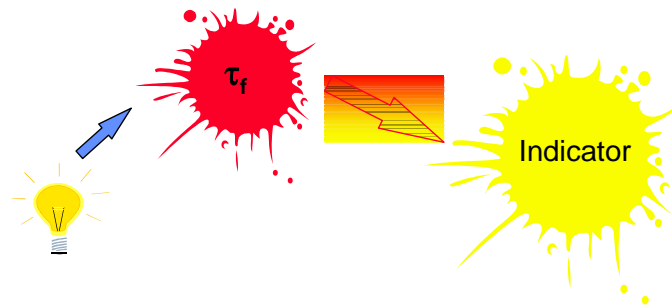
# Fiber-optic Oxygen Sensors



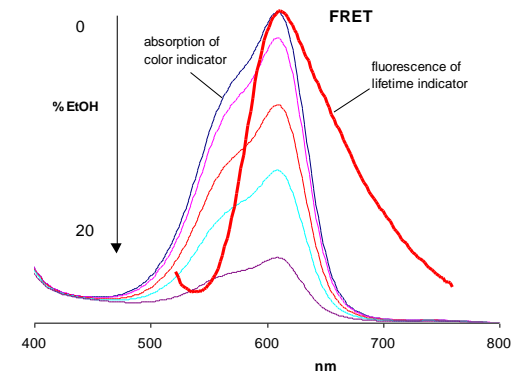


# Other Fluorescent Lifetime-based Sensors

- FRET sensors (fluorescence Resonant Energy Transfer)



- pH
- CO<sub>2</sub>



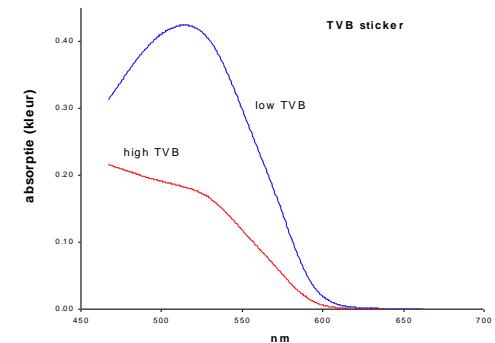
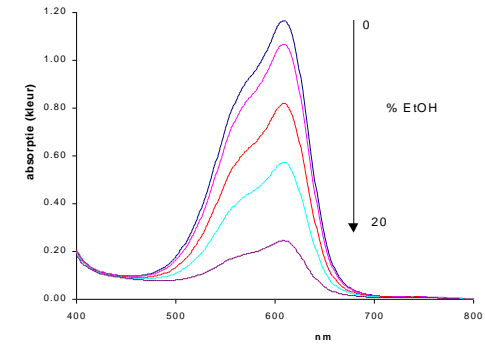
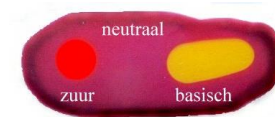
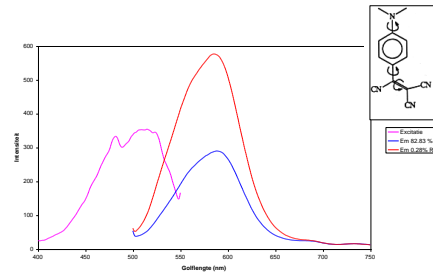
- Ethanol
- .....





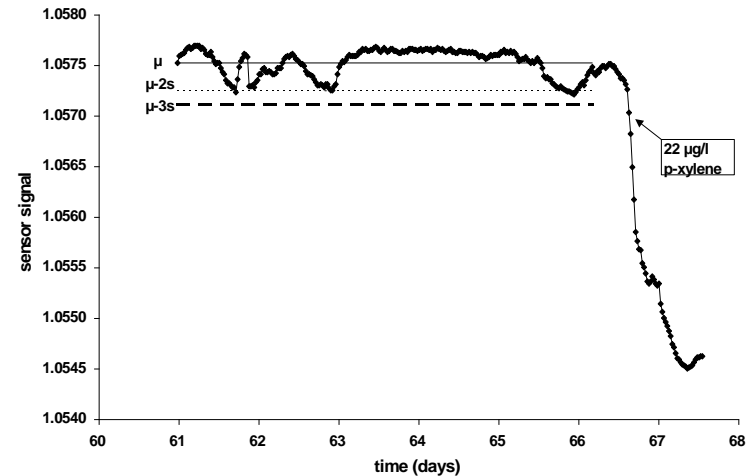
# Non-invasive Sensors: Freshness Indicators In Packed Food

- ⇒ O<sub>2</sub> (NIOD)
- ⇒ pH
- ⇒ Ethanol
- ⇒ Moisture
- ⇒ temperature
- ⇒ CO<sub>2</sub>
- ⇒ micro-organisms
- ⇒ volatile amines, e.g. TMA
- ⇒ toxins





# Fiber-optic BTEX Sensor: NIR Attenuation

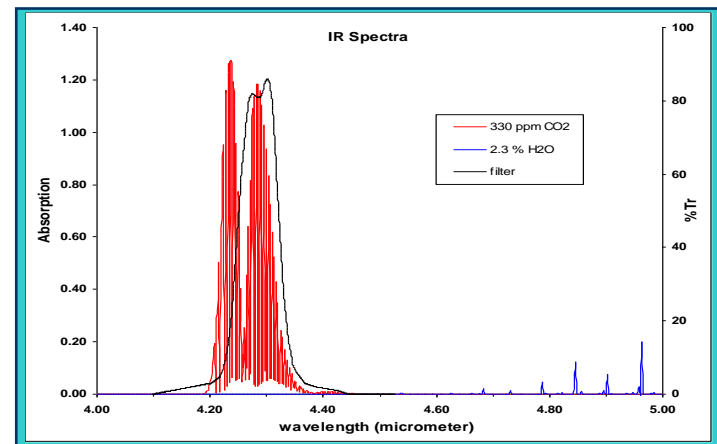
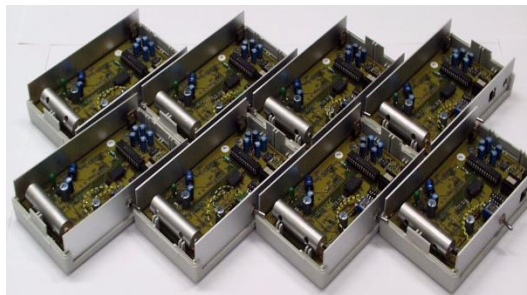


- BTEX in contaminated soil
- detection of chlorinated hydrocarbons in soil
- detection of chloroanisoles in the food industry



# Low-cost Spectroscopic Sensors: IR Detection Of Volatiles

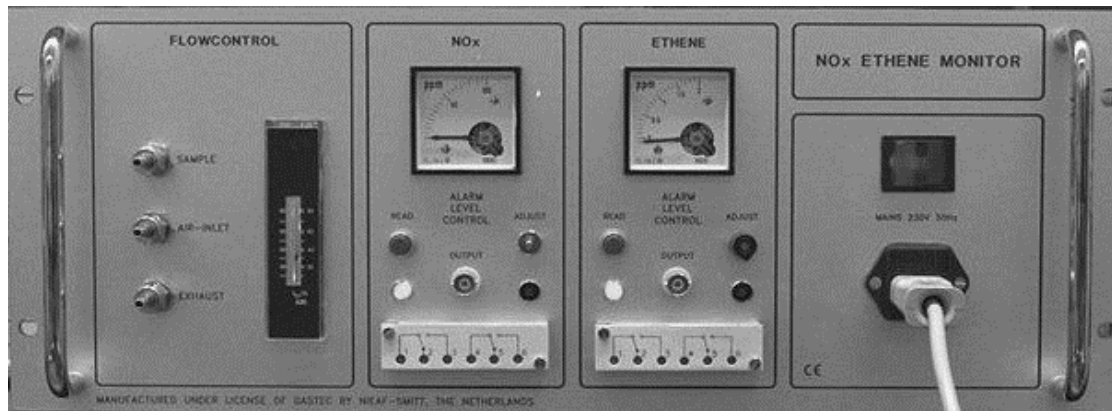
CO<sub>2</sub> sensor for ventilation control:



Also applicable for: CO, NO, H<sub>2</sub>O, ..



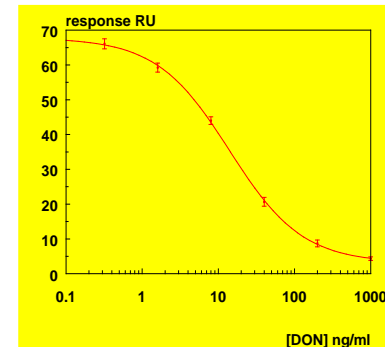
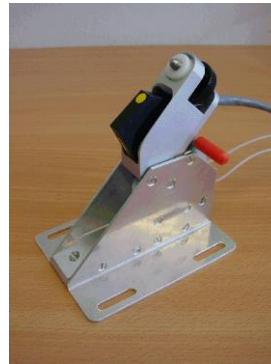
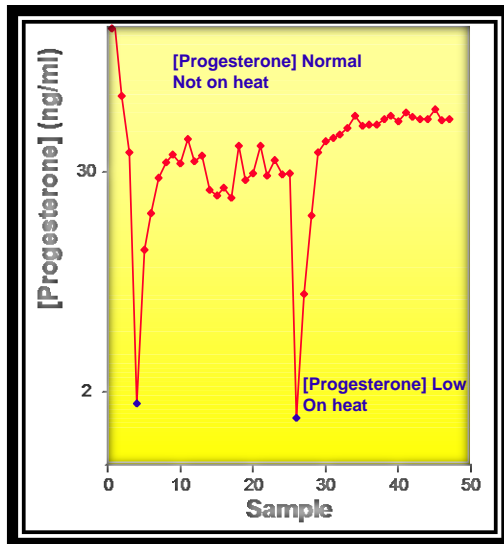
# Ethylene-NO<sub>x</sub> Monitor: Chemoluminescence Detection



Exhaust gasses  
Greenhouses  
Power plants



# Miniaturized Spr-based Sensors: Screening Instruments

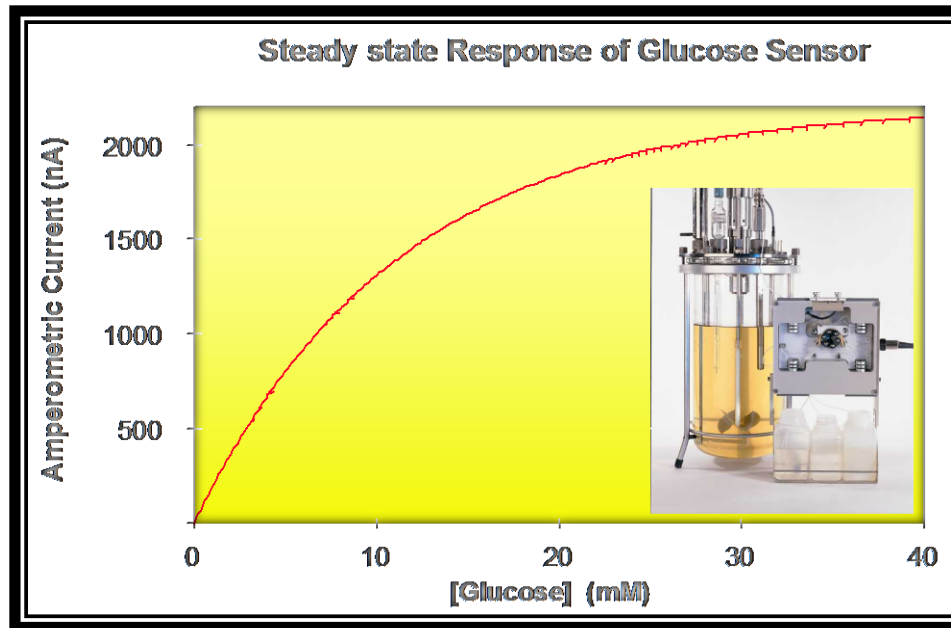


DON calibration curve

- In-line progesteron detection
- Detection of mycotoxines
- Detection of pesticides
- Detection of vitamins



# Enzymatic-based Sensors



On-line detection in biotechnology and dairy industry:

glucose, lactate, lactose, galactose, ethanol, urea, etc.



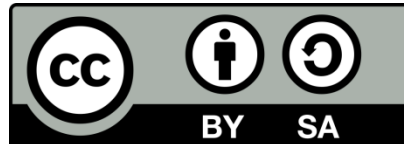
# Βιβλιογραφία

- Ι.Γ. Μπλούκας. Συσκευασία Τροφίμων. Αθήνα, Εκδ. Σταμούλης, 2004.
- Ν. Γ. Καρακασίδης. Κυτιοποιΐα. Αθήνα, Εκδ. Ίων
- Ν. Γ. Καρακασίδης. Σχεδιασμός συσκευασίας. Αθήνα, Ενδ. Ίων,



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.







# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





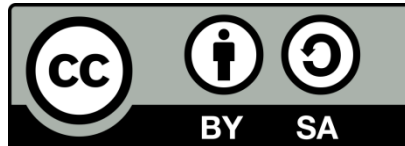
# Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Αντώνιος Καναβούρας, «Συσκευασία Τροφίμων». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://oceclass.aua.gr/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων, π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Η άδεια αυτή ανήκει στις άδειες που ακολουθούν τις προδιαγραφές του Ορισμού Ανοικτής Γνώσης [2], είναι ανοικτό πολιτιστικό έργο [3] και για το λόγο αυτό αποτελεί ανοικτό περιεχόμενο [4].

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

[2] <http://opendefinition.org/okd/ellinika/>

[3] <http://freedomdefined.org/Definition/EI>

[4] <http://opendefinition.org/buttons/>



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.