

Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

## ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

**Αμπερομετρικοί / Βολταμμετρικοί αισθητήρες:**

μέτρηση ρεύματος υπό σταθερό ή μεταβαλλόμενο δυναμικό:  $I = f(C)$

• **Μη τροποποιημένα (ακάλυπτα) ηλεκτρόδια:**

- Ανίχνευση βαρέων και τοξικών μετάλλων (κυρίως) με τη μέθοδο της ανοδικής επαναδιαλυτικής βολταμμετρίας (*anodic stripping voltammetry*).
- Ανίχνευση οργανικών ρύπων, βιολογικών ουσιών, φαρμάκων κ.α. έπειτα από τον διαχωρισμό τους με FIA ή HPLC.



# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

## Αμπερομετρικοί / Βολταμμετρικοί αισθητήρες:

- **Τροποποιημένα ηλεκτρόδια**

- Ενζυμικά ηλεκτρόδια (π.χ. αισθητήρες γλυκόζης, πενικιλίνης κ.α.)
- Ανοσοαισθητήρες (*immunosensors*; Ηλεκτρόδια με ατιγόνα).
- Αισθητήρες DNA.

- **Αισθητήρες αερίων:**

- Αισθητήρες μεμβράνης (τύπου *Clark*) (π.χ. αιθητήρες O<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, ανιχνευτής αιθανόλης-*breathalyzer*).
- Αισθητήρες τύπου στοιχείων καύσης ή μπαταριών.
- Αισθητήρες στερεάς κατάστασης.



# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

## ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

**Ποτεντιομετρικοί αισθητήρες:** μέτρηση δυναμικού (συνήθως ανοιχτού κυκλώματος υπό σταθερό ρεύμα (συνήθως 0):

$$E = f( C )$$

- **Εκλεκτικά ηλεκτρόδια ιόντων** (*ion-selective electrodes, ISEs*):
  - Ηλεκτρόδια υάλου (π.χ. pH-άμετρο, ηλεκτρόδια  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$  κ.α.).
  - Ηλεκτρόδια στερεής μεμβράνης (π.χ. Βάσει του δυσδιάλυτου  $\text{AgX}$  για τα  $\text{X}^-$  και  $\text{Ag}_2\text{S}$  για άλλα  $\text{M}^+$ ).
  - Ηλεκτρόδια υγρής μεμβράνης (η οποία π.χ. μπορεί να περιέχει ένα ligand συμπλοκοποίησης του  $\text{M}^+$  π.χ. Αισθητήρες  $\text{Ca}^{++}$  και  $\text{K}^+$ ).



# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

## ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

### Ποτεντιομετρικοί αισθητήρες

- **Ποτεντιομετρικοί αισθητήρες αερίων:**
  - pH-μετρικοί αισθητήρες αερίων (π.χ. CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> κ.α.)
  - Αισθητήρες στερεού οξειδίου (π.χ. Αισθητήρας O<sub>2</sub> ζιρκονίας (*λ-sensor*)).



# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

## ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

**Αγωγιμομετρικοί αισθητήρες:** μέτρηση αγωγιμότητας  
δείγματος:  $\sigma = f( C )$

- **Αγωγιμόμετρα υγρών:**

Μετρήσεις ολικής αλατότητας (*total salinity*).

- **Ημιαγωγικοί αισθητήρες αερίων:**

Μεταβολή αγωγιμότητας ημιαγωγού λόγω προσρόφησης αερίου.

- **Αισθητήρες αερίων τύπου διόδου :**

Μεταβολή αγωγιμότητας αγώγιμου πολυμερούς λόγω προσρόφησης αερίου.



Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

## ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

- **ΧΑΜΗΛΟ ΚΟΣΤΟΣ.**
- **Απλοί** στη χρήση.
- Μηχανική **σταθερότητα.**
- **Υψηλή ευαισθησία** και εκλεκτικότητα  
(στις αναβαθμισμένες μορφές τους).
- **Επιδεκτικοί ΣΜΙΚΡΥΝΣΗΣ.**

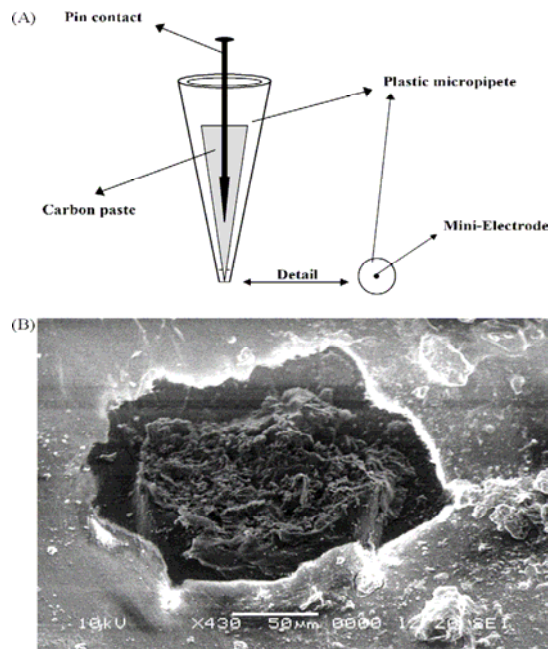


# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

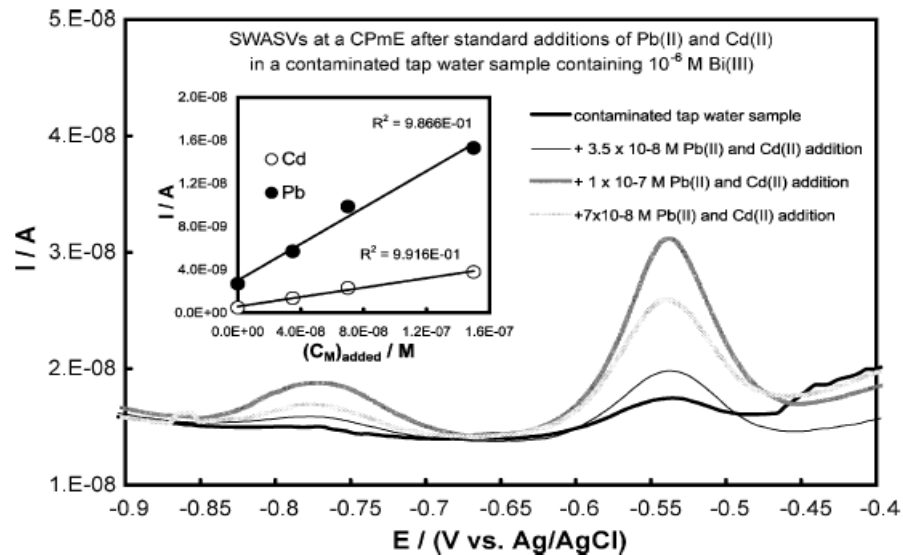
## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Ανίχνευση βαρέων και τοξικών μετάλλων σε φυσικά νερά με τη μέθοδο της ανοδικής επαναδιαλυτικής βολταμμετρίας (*anodic stripping voltammetry*).

Carbon paste electrode.



Ανίχνευση Cd(II) και Pb(II) σε νερό της βρύσης



L. Baldrianova, I. Svancara, S. Sotiropoulos, *Analytica Chimica Acta* 599 (2007) 249–255



Σωτήρης Σωτηρόπουλος, Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

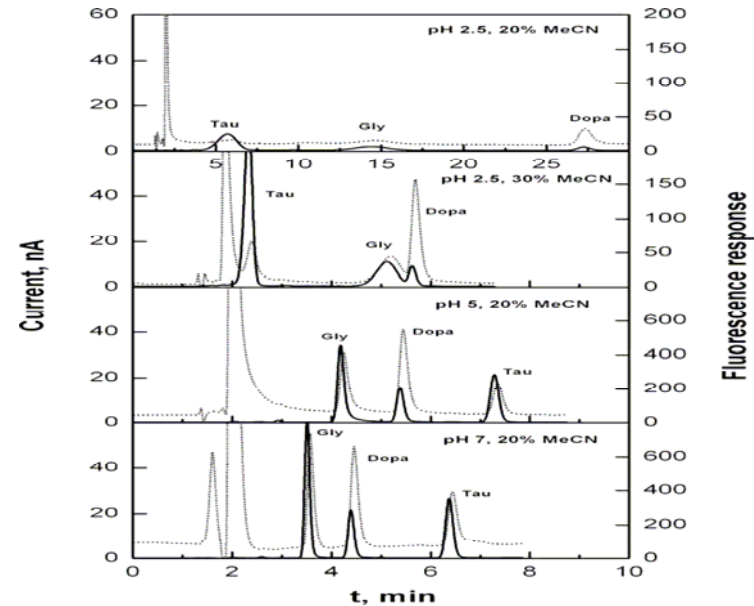
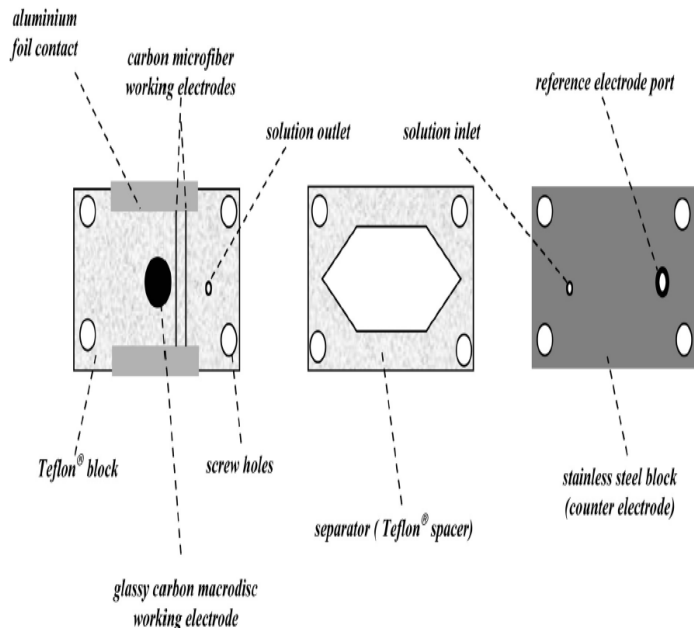
## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Ανίχνευση βιολογικών ουσιών fδιαχωρισθέντων με χρωματογραφία HPLC

Ηλεκτροχημικός ανιχνευτής  
κυψέλης ροής

Ανάλυση αμινοξέων

(μέσω της οξείδωσης τους:  $\text{Red} \rightarrow \text{Ox} + n\text{e}^-$ )



A.Pappa-Louisi, P.Balkatzopoulou, S.Sotiropoulos *J. Liq.Chrom.& Rel.Technol.*, 31: 1434–1447, 2008



Σωτήρης Σωτηρόπουλος, Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης



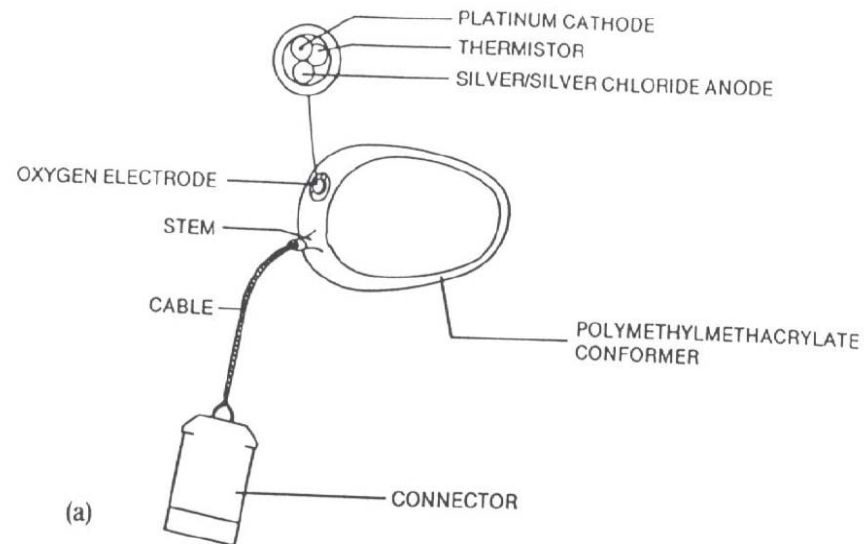
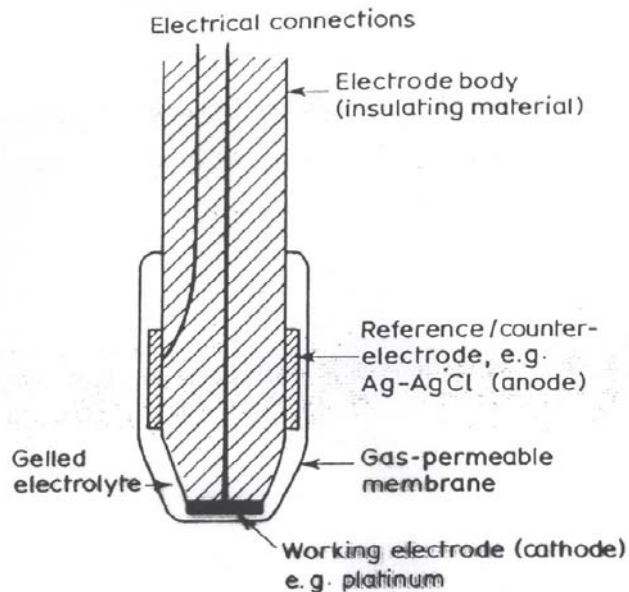
# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

### Αμπερομετρικοί αισθητήρες μεμβράνης (τύπου *Clark*)

Ανίχνευση O<sub>2</sub> σε φυσικά νερά, βιολογικά υγρά και τροποποιημένες/κλειστές ατμόσφαιρες

(μέσω της αναγωγής οξυγόνου:  $O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$ )



Biomedical Sensors Ltd

Clark, L.C. *et al* , J.Appl.Physiol., 6 (1953) 189

(ανίχνευση εποφθάλμιου οξυγόνου)

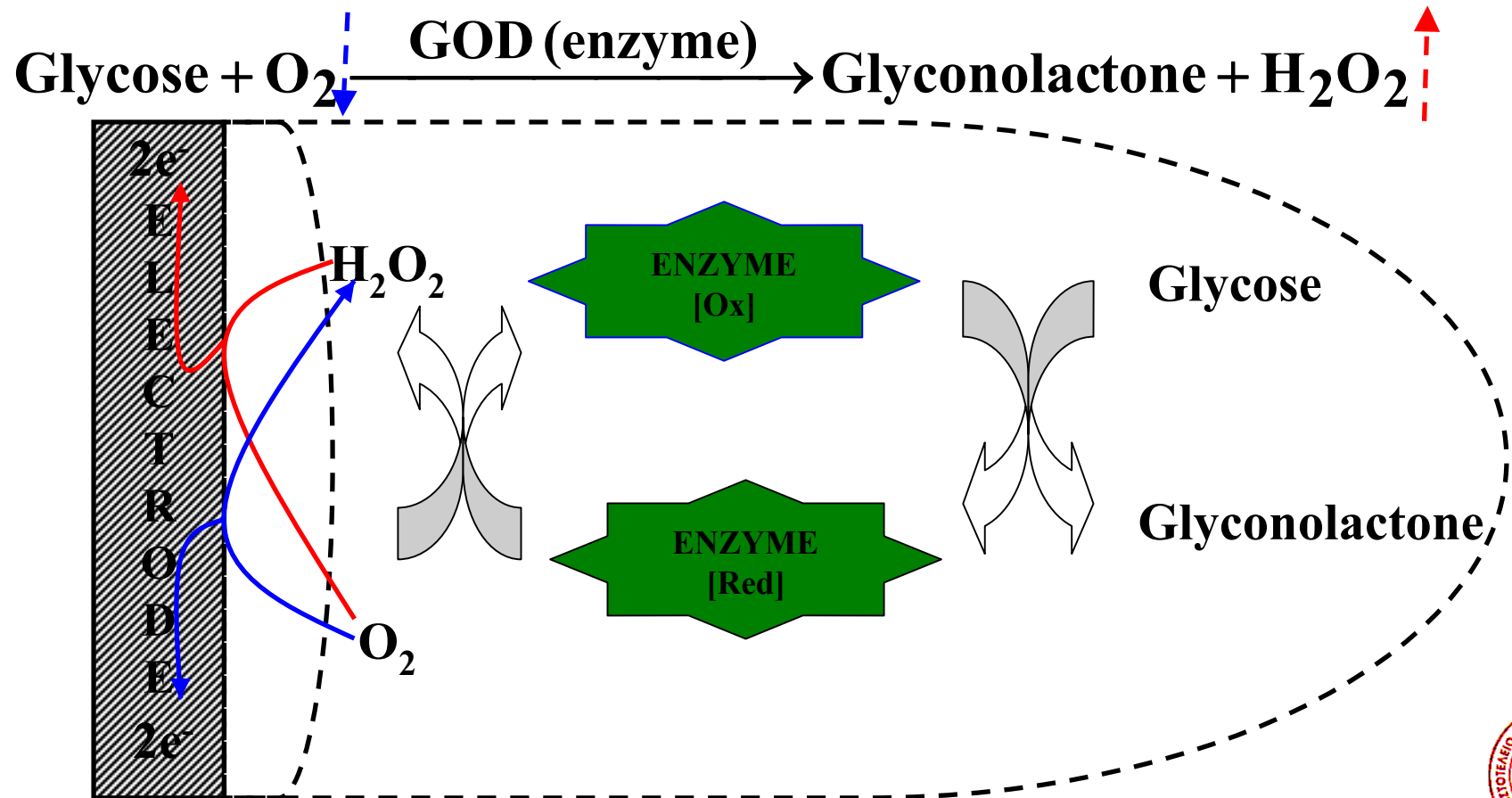
Σωτήρης Σωτηρόπουλος, Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης



# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Αμπερομετρικός αισθητήρας ενζυμικού ηλεκτροδίου: προσδιορισμός επιπέδων γλυκόζης στο αίμα.



# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

Αμπερομετρικός αισθητήρας ενζυμικού ηλεκτροδίου: επίπεδα γλυκόζης στο αίμα.

## Ανίχνευση με βάση το καταναλισκόμενο $O_2$

*Χαρακτηριστικά-συνθήκες*

- Ηλεκτρόδιο δείκτης: Pt ή Au ή Ag (κάθοδος)
- Εξωτερική μεμβράνη (διαπερατή στη γλυκόζη και οξυγόνο) και εσωτερική μεμβράνη (τεφλόν, διαπερατή στο οξυγόνο αλλά όχι στο υπεροξείδιο)
- Σήμα μειώνεται με αύξηση γλυκόζης

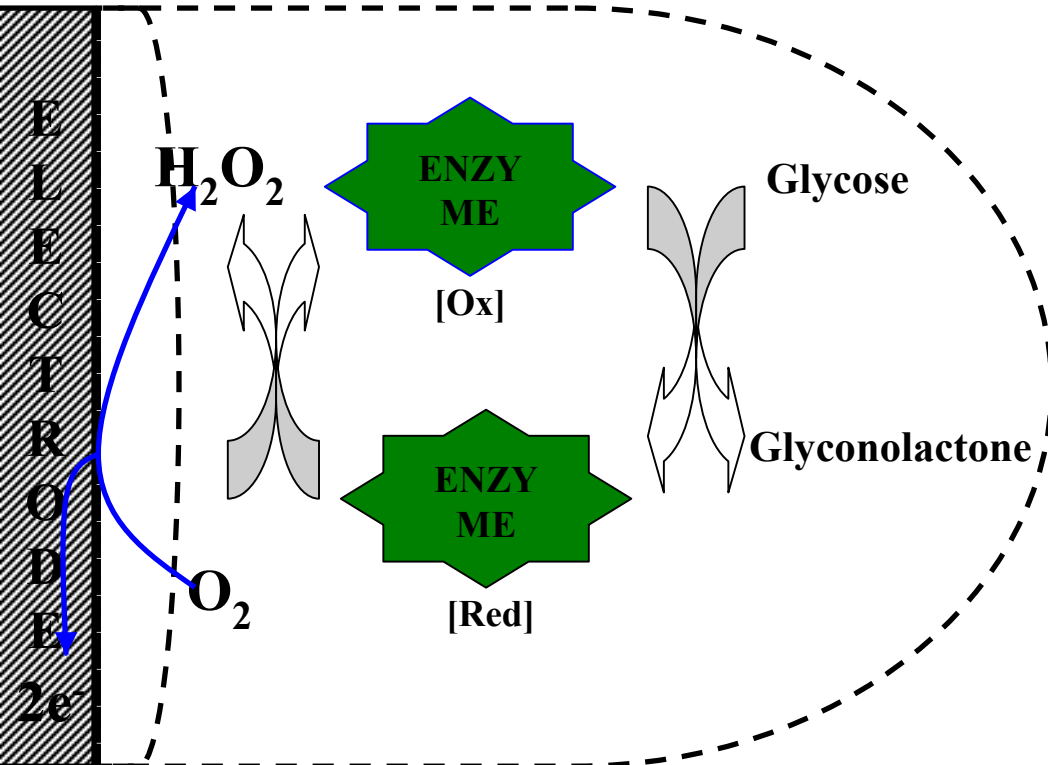
*Μειονεκτήματα*

- Σταθερά επίπεδα  $O_2$  στο δείγμα απαιτούνται
- Βούλωμα μεμβράνης
- Κατανάλωση  $O_2$  στο εσωτερικό του ηλεκτροδίου (αν δεν αντικατασταθεί σύντομα από το δείγμα λαμβάνεται ως ψευδές σήμα γλυκόζης)

- Το παραγόμενο  $H_2O_2$  καταστρέφει το ένζυμο

*Πλεονεκτήματα*

- Εκλεκτικότητα λόγω εσωτερικής μεμβράνης (ασθενείς παρεμποδίσεις)



# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

Αμπερομετρικός αισθητήρας ενζυμικού ηλεκτροδίου: επίπεδα γλυκόζης στο αίμα.

## Ανίχνευση με βάση το παραγόμενο $H_2O_2$

*Χαρακτηριστικά-συνθήκες*

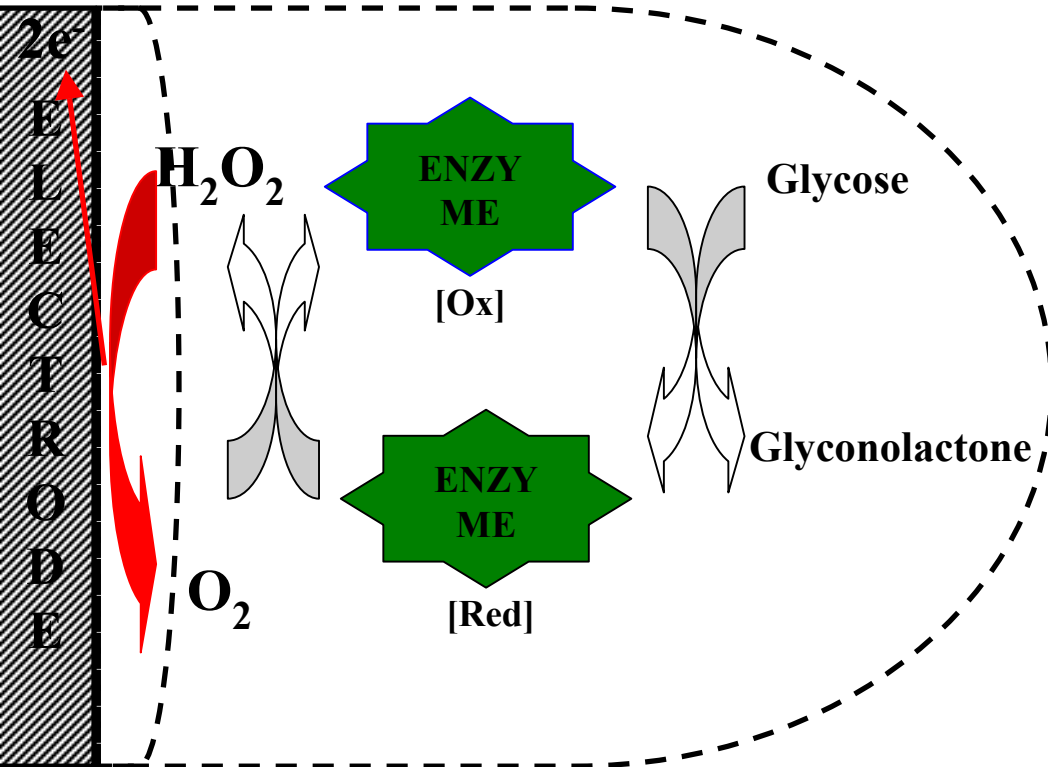
- Ηλεκτρόδιο δείκτης: Pt (άνοδος)
- Εξωτερική μεμβράνη (διαπερατή στη γλυκόζη και οξυγόνο) και εσωτερική μεμβράνη (cellulose acetate), διαπερατή στο υπεροξείδιο του υδρογόνου
- Σήμα αυξάνεται με αύξηση γλυκόζης

*Πλεονεκτήματα*

- Το βιοχημικά καταναλισκόμενο  $O_2$  αναγεννάται ηλεκτροχημικά και τα επίπεδα στο δείγμα δεν είναι κρίσιμα
- Το βιοχημικά παραγόμενο  $H_2O_2$  μετατρέπεται ηλεκτροχημικά σε  $O_2$  και δεν καταστρέφει το ένζυμο

*Μειονεκτήματα*

- Περιορισμένη εκλεκτικότητα λόγω πορώδους εσωτερικής μεμβράνης ( παρεμποδίσεις λόγω οξείδωσης και άλλων ουσιών π.χ. παρακεταμόλης)



# Σύντομη επισκόπηση ηλεκτροχημικών αισθητήρων

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Αμπερομετρικός αισθητήρας ενζυμικού ηλεκτροδίου: προσδιορισμός επιπέδων γλυκόζης αίματος.

