

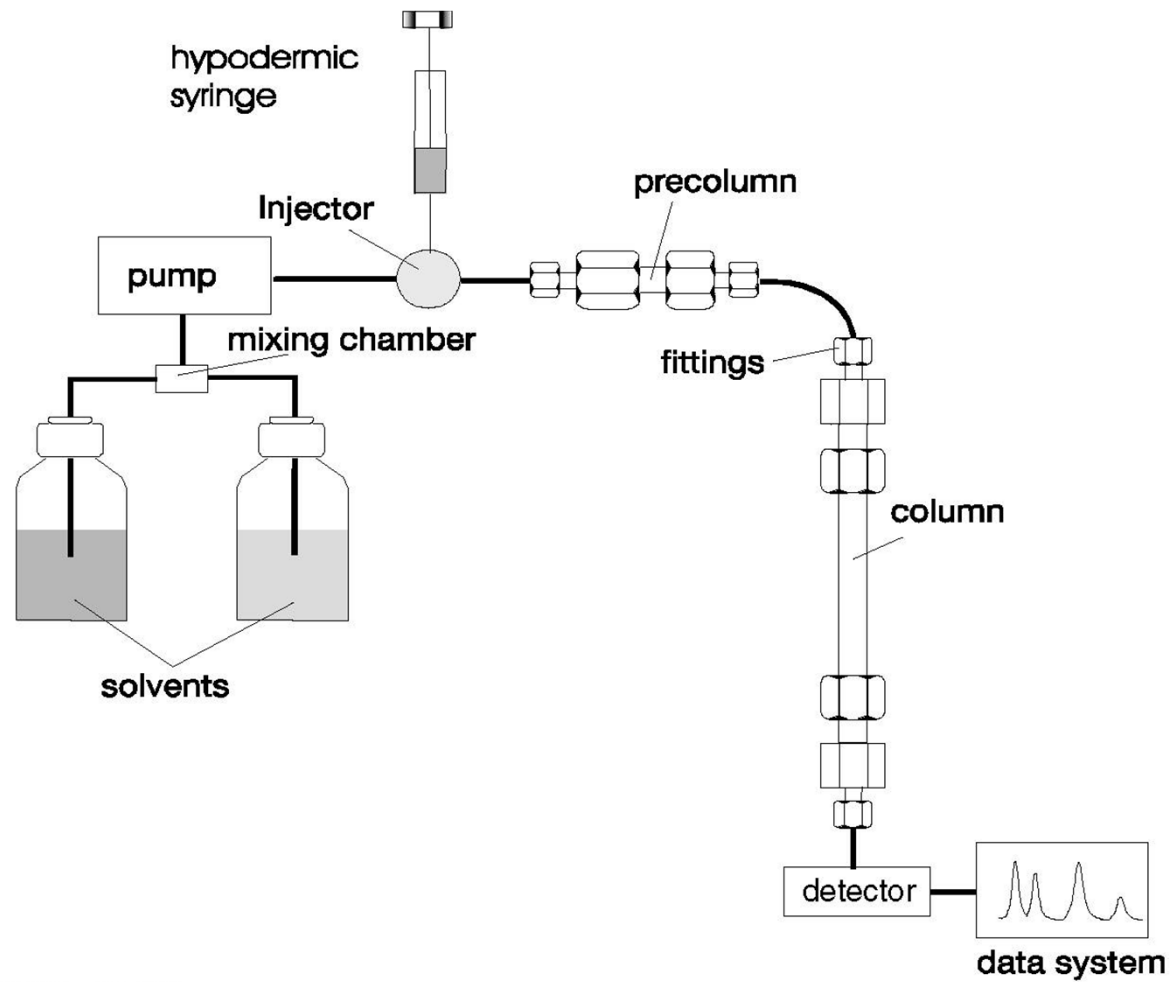
CHIMICA ANALITICA II

CON LABORATORIO

(AA 2016-17)

8 C.F.U. - Laurea triennale in Chimica

La strumentazione



Rivelatori

Due principi:

Rivelazione di una caratteristica della fase mobile (es. indice di rifrazione, conducibilità); l'analita è indicato da un cambio nelle caratteristiche della f.m.. (*Bulk property*).

Rivelazione di una caratteristica del soluto (es. assorbimento UV, fluorescenza, corrente di diffusione a un elettrodo). (*Solute property*).

Rivelatori UV sono i più comuni (stima 70% delle applicazioni).

Rivelatori di assorbanza

Cella di flusso liquido per misurare l'assorbimento di radiazione luminosa in uscita dalla colonna.

Cella di flusso a forma di Z

Per evitar allargamento di

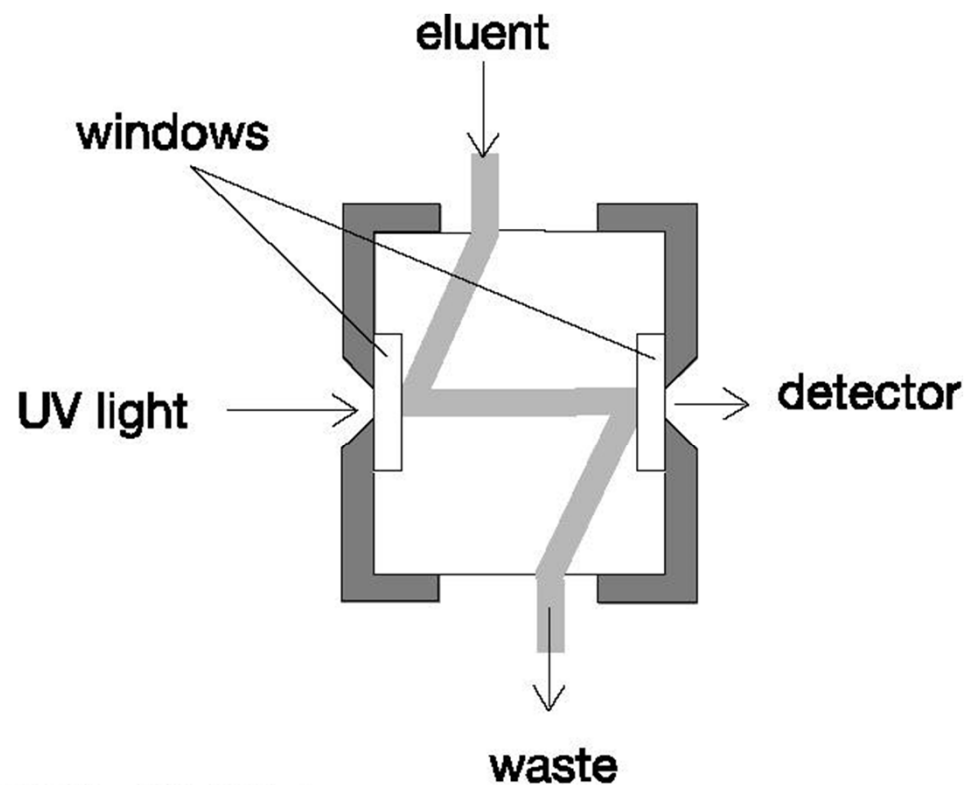
picco, volume è di 1-10 μL

Cammino ottico è di 2-10 mm

Celle in quarzo per misurare nell'UV.

(Fotometri a filtro)

Linea di emissione da lampada a mercurio è isolata, es. 254 nm per aromatici (max A) ma anche altri organici e inorganici



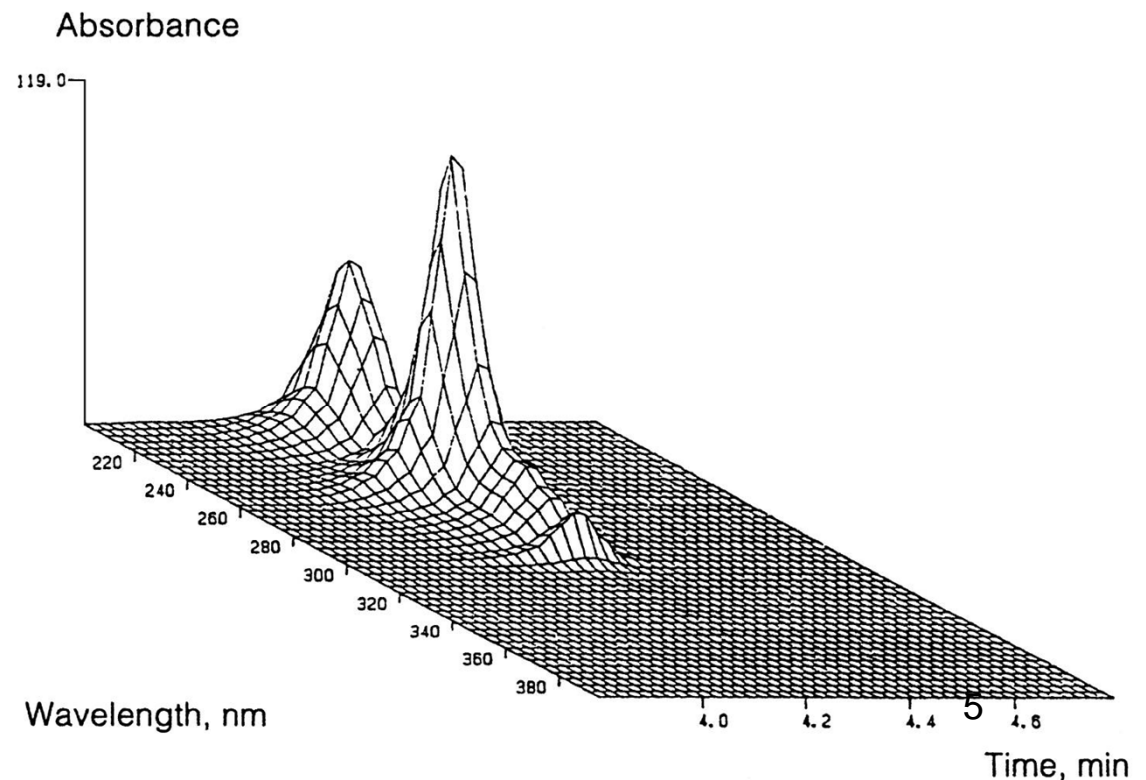
Lunghezza d'onda singola o detector con monocromatore che consente rivelazione con fotometro a scansione.

Si impiegano spettrometri a schiera di fotodiodi (DAD- *diode array detectors*). Informazione è fornita ad esempio come rappresentazione 3D (assorbanza, tempo di ritenzione, lunghezza d'onda).

Si possono facilmente identificare le λ migliori per la quantificazione dei diversi analiti.

Ci sono limiti di trasmissione di diversi eluenti.

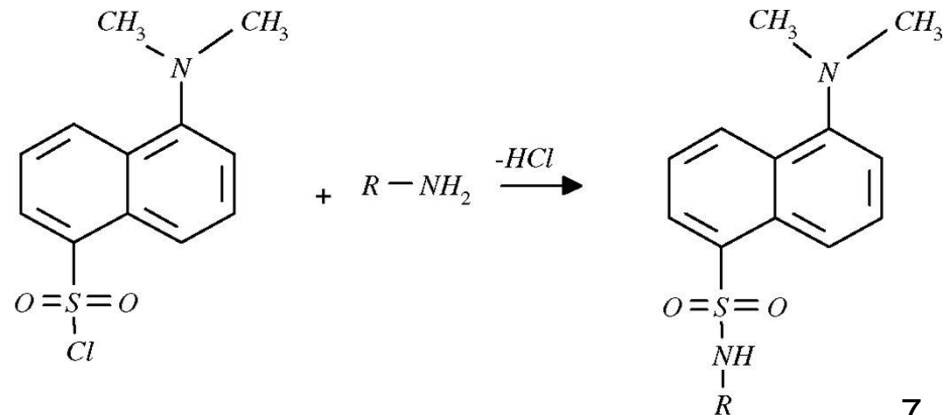
Per uso di IR, il problema è che molti solventi (CH_3OH o H_2O) “auto-assorbono”



serie eluotropica per solventi LC			
Solvente	Indice di polarità, P'	Forza di Eluizione (SiO2)	Trasmissione UV
fluroalcani	< -2	-0.2	200
cicloesano	0.04	0.03	200
n-esano	0.1	0.01	195
tetracloruro di carbonio	1.6	0.11	265
diisopropil etere	2.4	0.22	220
toluene	2.4	0.22	285
dietil etere	2.8	0.38	215
dicloro metano	3.1	0.34	230
tetraidrofurano	4.0	0.35	210
cloroformio	4.1	0.26	235
etanolo	4.3	0.68	205
acido acetico	4.4	0.38	255
diossano	4.8	0.49	215
metanolo	5.1	0.73	205
acetone nitrile	5.8	0.50	190
nitrometano	6.0	0.49	380
acqua	10.2	grande	170

Rivelatori a fluorescenza

Sensibilità 1000 volte migliore dei detector UV; eccitazione con lampada a vapori di mercurio (o a Xenon ad elevate pressioni). Le lunghezze d'onda di eccitazione e emissione sono selezionate da monocromatori, o si usa uno spettrometro di fluorescenza. Alcune sostanze farmaceutiche, di interesse clinico o naturali sono fluorescenti. Per l'analisi di composti non fluorescenti questi possono essere derivatizzati.



Dansil cloruro

5-(dimetilamino)naphthalene-1-sulfonyl chloride

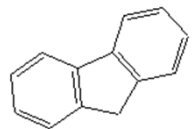
© 2006 Wiley-VCH, Weinheim
Kellner / Analytical Chemistry
ISBN: 3-527-30590-4 Fig-21-36

Derivato fluorescente

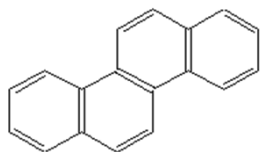
Esempio: Analisi di IPA in molluschi, pescato e sedimenti



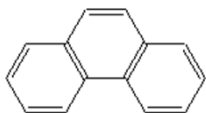
Analisi
mediante
HPLC-FLD



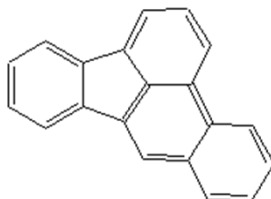
fluorene



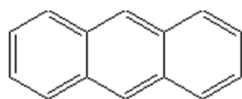
chrysene



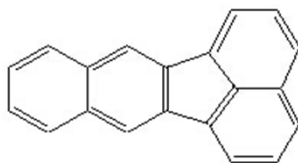
phenanthrene



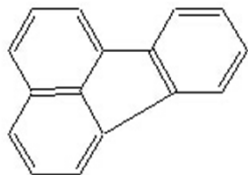
benzo[b]fluoranthene



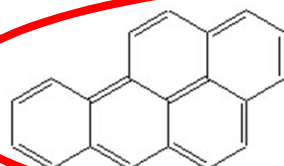
anthracene



benzo[k]fluoranthene

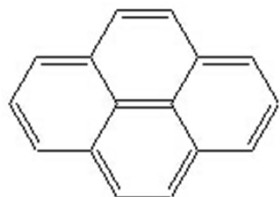


fluoranthene

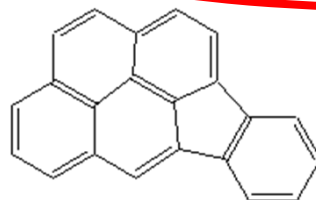


benzo[a]pyrene

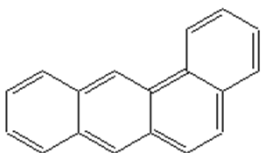
10 ppb -
Regolamento
Europeo
208/2005



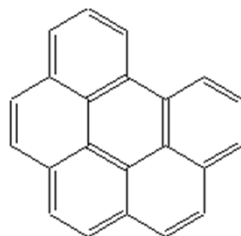
pyrene



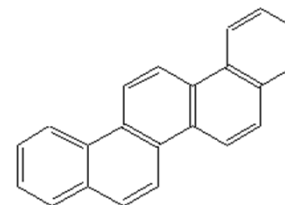
indeno(1,2,3-cd)pyrene



benzo[a]anthracene

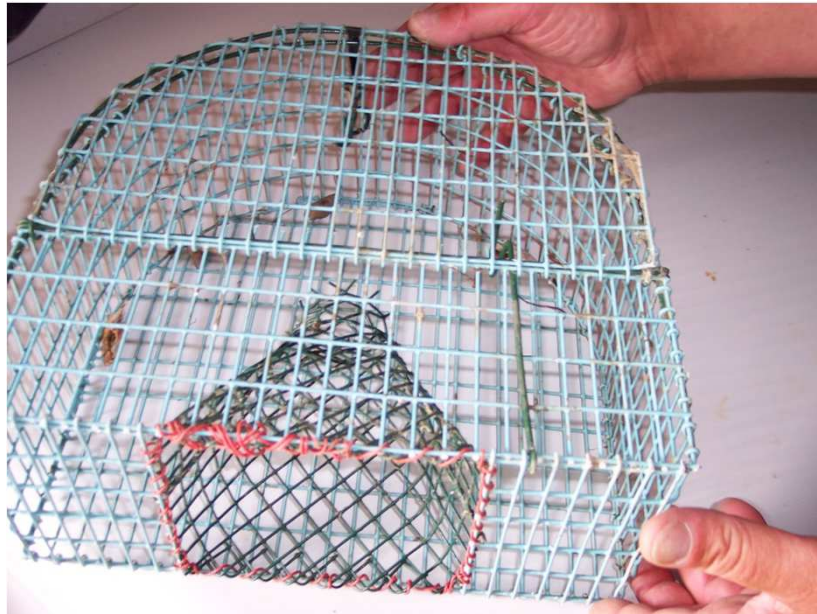


benzo[g,h,i]perylene



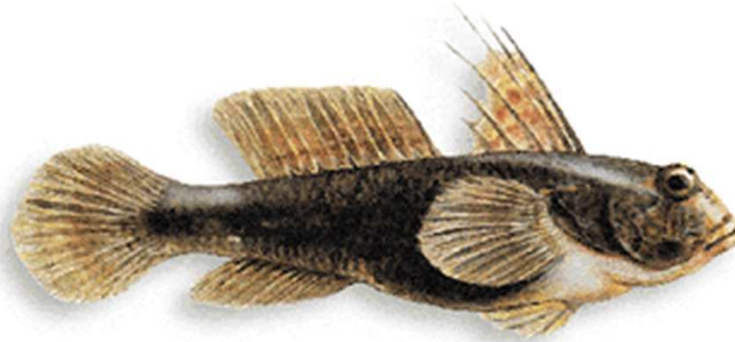
dibenzo[a,h]anthracene

SAMPLING



MANTIS SHRIMP

SQUILLA MANTIS
Pannocchia
lunghezza: fino a 250 mm



GOBIUS FISH

GOBIUS NIGER
Ghiozzo
lunghezza: fino a 15 cm



SAMPLING CONTINUED



MUSSEL

MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

Mitilo

LENGHT: till 100 mm

SEDIMENTS



Trattamento e conservazione dei campioni

I campioni di sedimento vengono conservati alla temperatura di -25° C in congelatore al buio per evitare perdite di composti Fotosensibili

Prima di essere analizzati sono scongelati a temperatura ambiente e deumidificati in stufa ventilata a 40° C per 24 ore; omogeneizzati in mortaio e setacciati su setaccio da $200\ \mu\text{m}$

Analisi

Le analisi sono state svolte presso i laboratori del dipartimento provinciale di Trieste dell' Agenzia Regionale per la Protezione dell' Ambiente del Friuli Venezia Giulia

Analisi degli IPA

Articolata in due parti:

- ESTRAZIONE CON MICROSOXHLET
- ANALISI CON HPLC

Estrazione con Microsoxhlet



Microsoxhlet

Strumento automatizzato
che consente
Un' estrazione in continuo

Vantaggi:

- Risparmio di tempo
- Risparmio di solvente

Procedimento di estrazione

Lavaggio dei ditali e dei bicchieri del soxhlet;
50 ml di cicloesano a 165° C;
40 min per immersione dei ditali nel solvente
20 min ditali sospesi sul solvente lavati per ricaduta.

In un becker vengono mescolati:

- 2,5 g di campione (biota o sedimenti)
- Na₂SO₄ anidro da 5g a 15g(a seconda della quantità di umidità presente nel tipo di campione)

Trasferimento nei ditali di cellulosa del soxhlet

Viene posto un pezzo di rame nei bicchieri di raccolta insieme al solvente per eliminare solfuri presenti

Estrazione:

60ml di cicloesano a 165° C per 5 ore;

3 ore per immersione

2 per ricaduta

Procedimento d'estrazione

Trasferimento delle soluzioni nei bicchieri del soxhlet
in palloni ambrati da 100 ml

Evaporazione del cicloesano mediante rotavapor (40° C)

Recupero degli estratti dai palloni tramite miscela di recupero costituita da:

- Acetone
- Dicloromentano
- THF
- Acetonitrile
- Metanolo

2 ml per i campioni organici; 10 ml per i sedimenti

La soluzione recuperata viene filtrata tramite siringhe con filtri con pori da 0.45 μm e messa direttamente nelle vials per l'analisi

percentuale di recupero degli IPA analizzati

IPA	Percentuale di recupero (%)
Fluorene	80
Fenantrene	83
Antracene	72
Fluorantene	64
Pyrene	60,5
B(a)antracene	79
Crisene	75
B(e)pyrene	55
B(b)fluorantene	81
B(k)fluorantene	84
B(a)pyrene	77
dB(ah)antracene	88
B(ghi)perylene	140
Indeno(123cd)pyrene	82

Analisi con Cromatografia liquida ad elevate prestazioni HPLC

Cromatografo liquido Gilson 845 Z con controllo elettronico della pressione (EPC) equipaggiato con due rilevatori:

- rivelatore UV/vis Gilson 151
- Intelligent Fluorescent Detector Jasco model FP-1520

Dotato di un autocampionatore Gilson 234 per campioni liquidi
Si utilizza una colonna Restek Pinnacle II PAH di lunghezza 15 cm, 4.6 mm di diametro interno, 5 μ m di granulometria stazionaria

Analisi con Cromatografia liquida ad elevate prestazioni HPLC

Impostazioni:

Colonna termostata a 23° C

Cromatografia viene condotta in gradiente di eluente con:

- soluzione acetonitrile 23%/acqua77 % (pompa A)
- acetonitrile (pompa B).

Time (min)	Device(s)	Command
0.00	acn23/acqua77 / acn	1.4 (mL/min): 60% acn23/acqua77, 40% acn
2.00	acn23/acqua77 / acn	1.6 (mL/min): 60% acn23/acqua77, 40% acn
12.00	acn23/acqua77 / acn	1.9 (mL/min): 35% acn23/acqua77, 65% acn
18.00	acn23/acqua77 / acn	2.0 (mL/min): 26% acn23/acqua77, 74% acn
22.00	acn23/acqua77 / acn	2.1 (mL/min): 15% acn23/acqua77, 85% acn
26.00	acn23/acqua77 / acn	2.2 (mL/min): 7% acn23/acqua77, 93% acn
29.90	acn23/acqua77 / acn	2.3 (mL/min): 0% acn23/acqua77, 100% acn
32.00	acn23/acqua77 / acn	1.8 (mL/min): 0% acn23/acqua77, 100% acn
32.10	acn23/acqua77 / acn	1.4 (mL/min): 60% acn23/acqua77, 40% acn
36.00	acn23/acqua77 / acn	1.4 (mL/min): 60% acn23/acqua77, 40% acn

gradiente di eluizione utilizzato durante l'analisi

Analisi con Cromatografia liquida ad elevate prestazioni HPLC Impostazioni Detector Fluorimetrico

IPA	Assorbimento	Emissione
Fluorene	280	330
Fenantrene	246	370
Antracene	250	406
Fluorantene	280	450
Pyrene	270	350
B(a)antracene Crisene	265	380
B(e)pyrene B(b)fluorantene B(k)fluorantene B(a)pyrene	290	430
dB(ah)antracene B(ghi)perylene	290	410
Indeno(123cd)pyrene	300	500

Frequenze di assorbimento ed emissione degli IPA

Analisi con Cromatografia liquida ad elevate prestazioni HPLC

LoD = 0.1 ppm per sedimenti

LoD = 0.1 ppb per campioni di biota

Vantaggi:

L'uso di un fluorimetro come detector nell'HPLC,
consente di non operare ulteriori purificazioni
dai grassi presenti nell'estratto con riduzione
di tempi e di sprechi di solvente

Esempi di cromatogrammi ottenuti

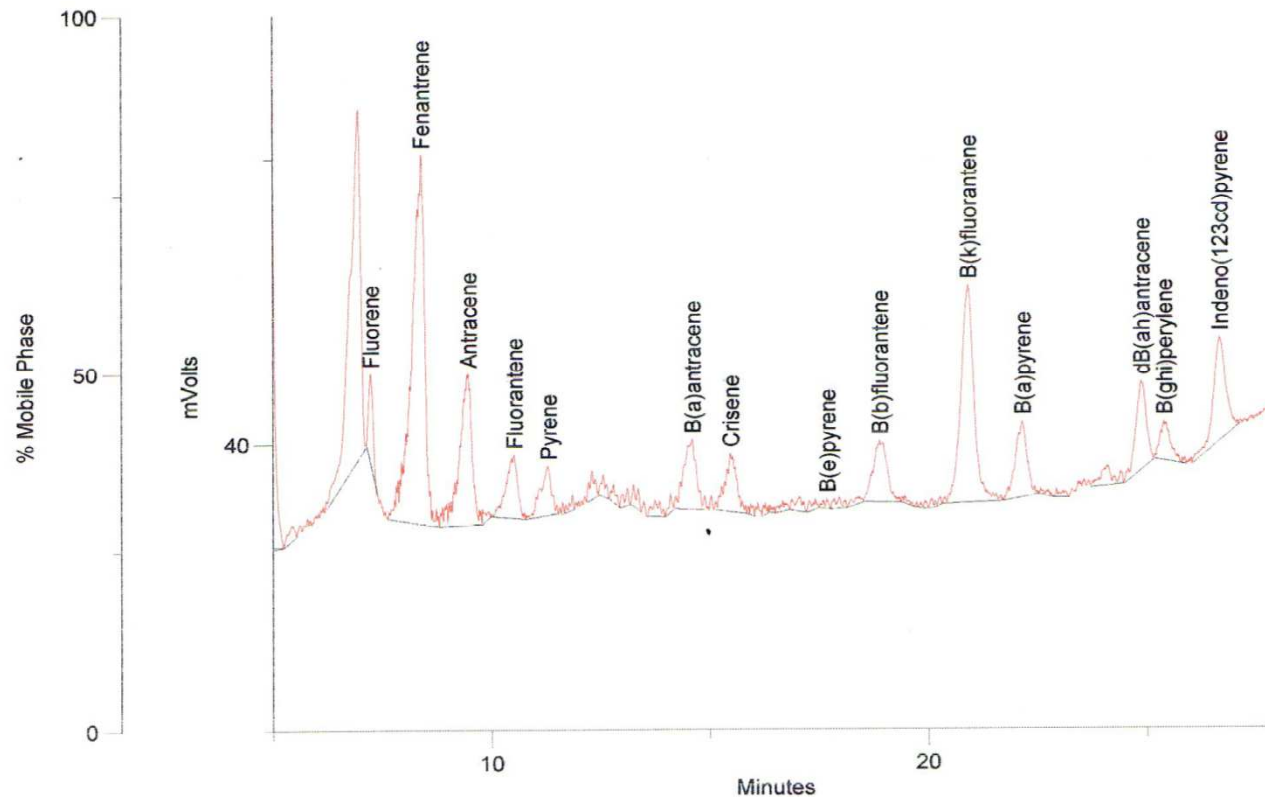


Figura 5.15. Relazione fra i tempi di ritenzione e l'area dei picchi caratteristici dello standard usato per la determinazione dei tempi di ritenzione e delle quantità, come prodotto del cromatografo liquido Gilson.

Esempi di cromatogrammi ottenuti

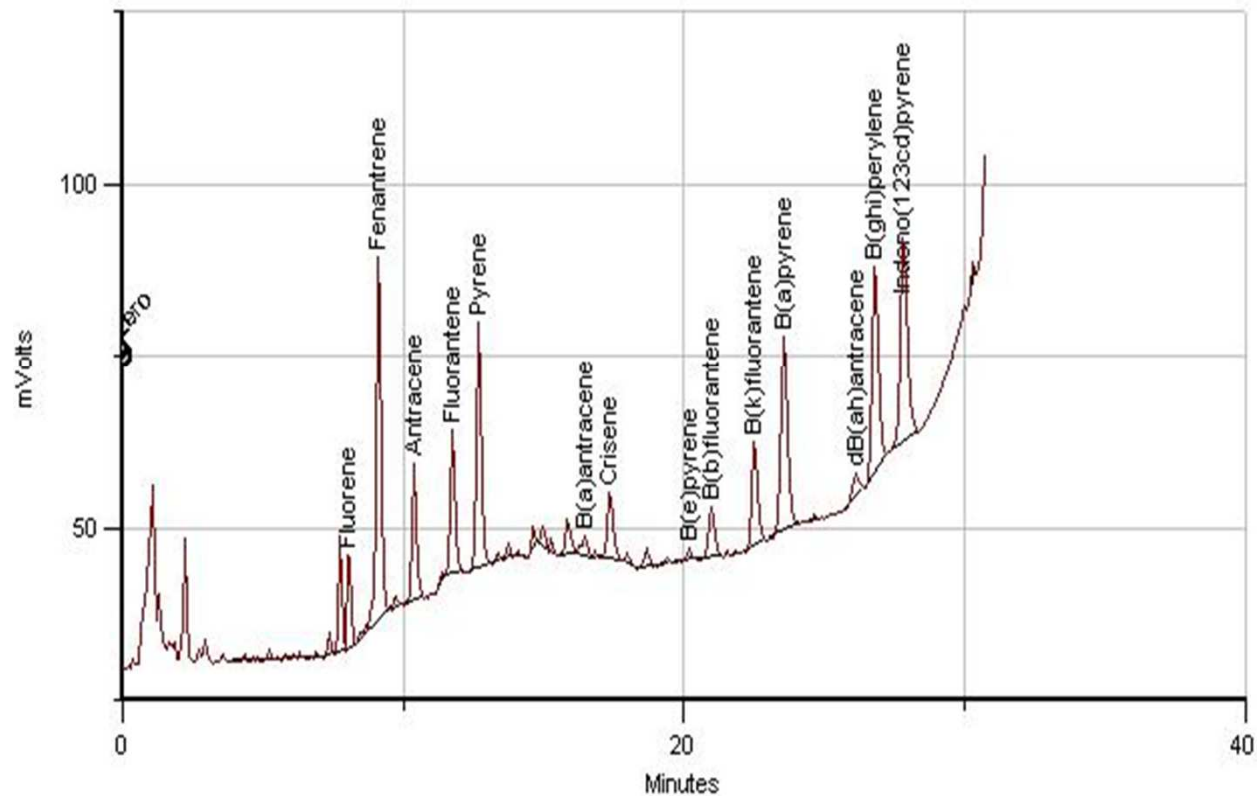


Figura 5.17. Relazione fra i tempi di ritenzione e l'area dei picchi caratteristici del campione di scarto di *Gobius niger* della Diga Rizzo, come prodotto del cromatografo liquido Gilson.

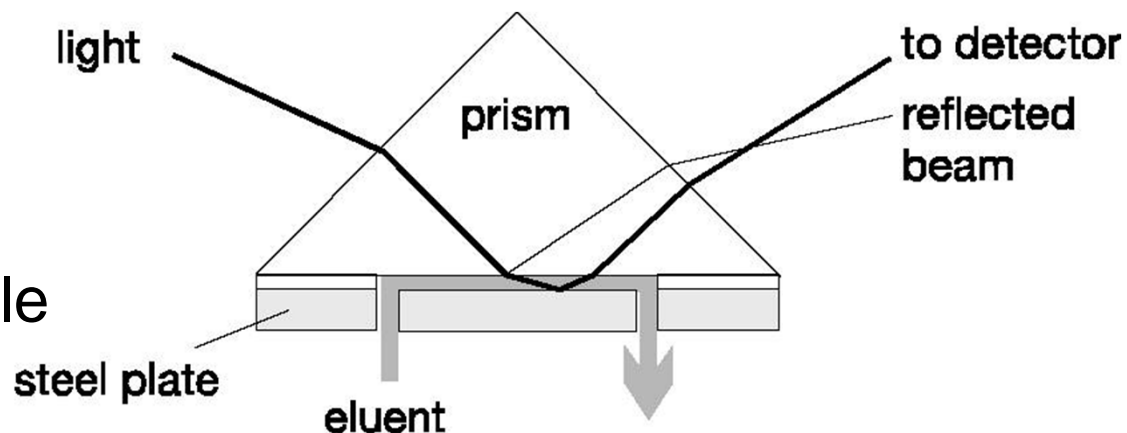
Rifrattometro (RI detector)

Detector universale, non specifico; si basa sulla differenza di indice di rifrazione tra eluente puro e eluente che contiene costituenti del campione.

Si può valutare la luce riflessa attraverso un prisma (o deflessa da un deflettore).

La luce è rilevata dopo esser passata attraverso l'eluente ed esser stata riflessa da una lamina in acciaio (che funge anche da termostato).

Si impiegano una cella di misura e una cella di riferimento (rifrattometro differenziale). Meno sensibile di UVD, richiede termostatazione, Non va bene per gradiente di eluizione.



© 2006 Wiley-VCH, Weinheim
Kellner / Analytical Chemistry
ISBN: 3-527-30590-4 Fig-21-32

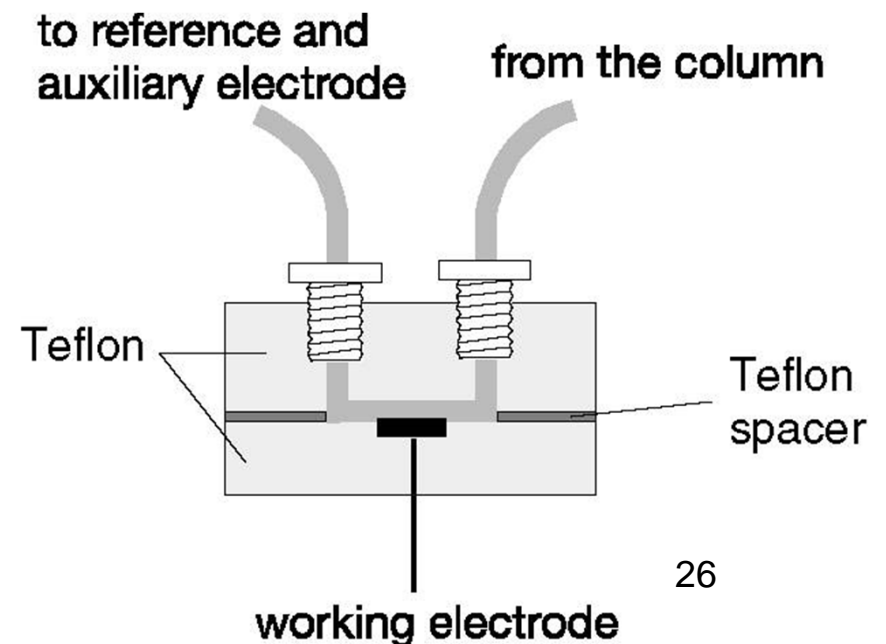
Rivelatori elettrochimici

Detector conduttimetrico (IC)

Detector coulombometrico e voltammetrico (raramente usati)

Detector amperometrico: si applica un potenziale costante a un elettrodo di lavoro (es. in oro, grafite o platino), e si misura una *corrente limite di diffusione* a un determinato potenziale, relativamente a un elettrodo di riferimento.

Si usa per sostanze che possono essere ridotte o ossidate nell'intervallo di potenziale dell'elettrodo di lavoro impiegato. Impiegato per rilevare sostanze biochimiche; un problema è la possibilità di avvelenamento delle superfici dell'elettrodo



Altri rivelatori spettroscopici

HPLC-MS

HPLC- AAS, HPLC-AES

(Vedremo trattando le tecniche ifenate)

Cromatografia ionica

Cromatografia di scambio ionico ad alte prestazioni (HPLC IEC) prende il nome di IC (*ion chromatography*).

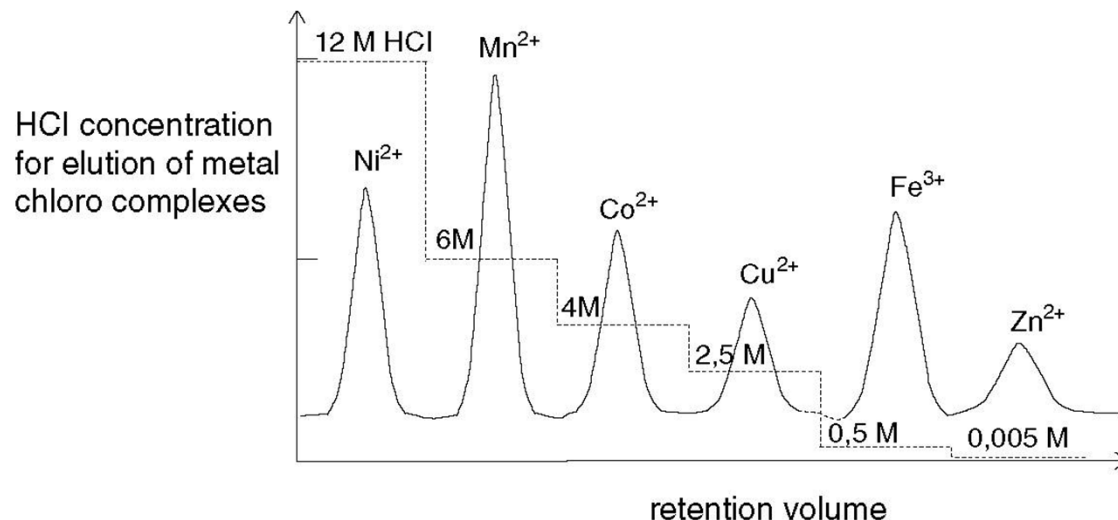
Obiettivo: separare o analizzare ioni, impiegando scambiatori ionici. Si impiega in particolare per ioni inorganici.

Cromatografia di scambio ionico classica (IEC) impiega resine di scambio ionico basate su copolimeri stirene / divinil-benzene. Inizialmente impiegata per separare elementi delle terre rare, in forma di cationi; ioni raccolti in frazioni venivano poi determinati con titolazioni.

Es. separazione di ioni metallici come cloro-complessi su uno **scambiatore anionico fortemente alcalino**. Lo scambiatore è caricato con cloruro da una soluzione 12 M di HCl, e la miscela di ioni metallici è introdotta nella colonna a questa concentrazione di acido cloridrico. Inizialmente solo ioni nickel scorrono attraverso la colonna.

Ciò avviene perché non c'è scambio, con generazione di complessi anionici molto deboli del nickel.

Gli altri ioni metallici sono eluiti a stadi successivi (*stepwise*), con concentrazioni minori di HCl.



La sequenza corrisponde alla stabilità dei cloro complessi. Per Cu: $\text{Cu}^{2+} + 4\text{Cl}^- \rightarrow [\text{CuCl}_4]^{2-}$ Gradiente a gradini di concentrazione di HCl. Ioni metallici raccolti a diversi Volumi di ritenzione e diverse concentrazioni di HCl, sono determinabili per titolazione o fotometricamente.

© 2006 Wiley-VCH, Weinheim
Kellner / Analytical Chemistry
ISBN: 3-527-30590-4 Fig-21-39

Anion Exchange Studies. The Divalent Transition Elements Manganese to Zinc in Hydrochloric Acid Kraus & Moore J. Am. Chem. Soc., 1953, 75,1460–1462

Ion chromatography

Introduzione moduli HPLC a metà anni '70.

Problemi

- (a) necessità sviluppo di resine scambiatrici meno comprimibili, e con miglior diffusione delle molecole attraverso le colonne;
- (b) Necessità di detector “universale” per la rivelazione di ioni inorganici.

Risoluzione

- (a1) Materiali rivestiti al posto di resine porose (materiali scambiatori applicati sulla superficie di supporti in vetro o polimero); scambiatori pellicolari (30-40 μ m)
- (a2) Rivestimento di gel di silice poroso con scambiatori ionici liquidi

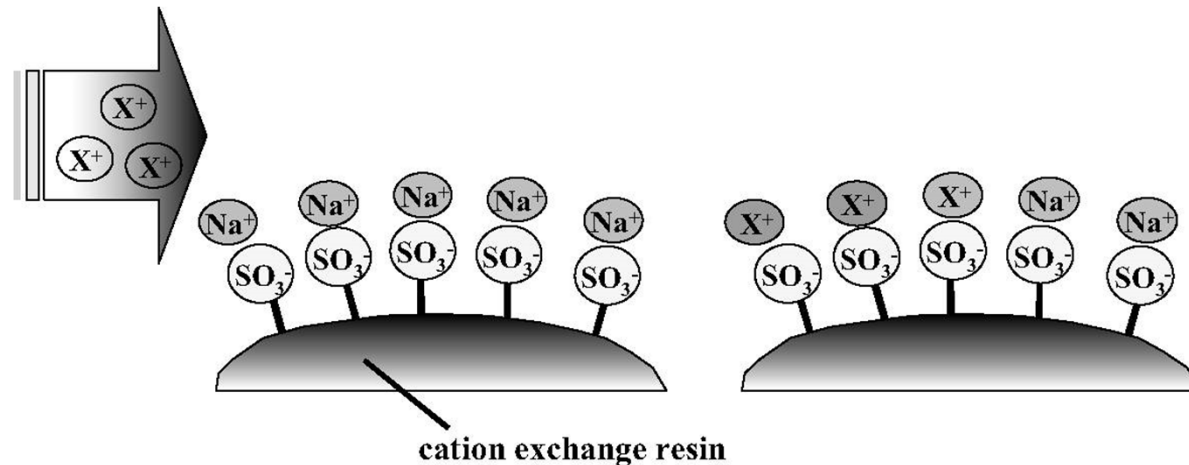
Processi di diffusione sono marcatamente migliorati rispetto a scambiatori ionici classici, ma la capacità è inferiore.

Cromatografia ionica (continua)

Fasi stazionarie hanno cariche positive o negative; a partire da copolimeri stirene/divinilbenzene.

Per scambio cationico: resine con $-\text{SO}_3^-$ o $-\text{COO}^-$

Per scambio anionico: resine con $-\text{NH}_3^+$ o $-\text{NR}_3^+$



Gli ioni del campione - X^+ competono con gli ioni nell'eluente Na^+ , per i siti ionici sulla resina

© 2006 Wiley-VCH, Weinheim
Kellner / Analytical Chemistry
ISBN: 3-527-30590-4 Fig-21-40

Le fasi mobili sono eluenti acquosi che contengono uno ione che compete con gli analiti che bisogna separare. Questi ioni "competitori" spostano gli ioni degli analiti, e alla fine li eluiscono dalla colonna.

Cromatografia ionica (continua)

Gli analiti cationici possono essere separati per scambio cationico, gli a. anionici per scambio anionico.

Nella separazione, gli ioni dell'analita competono con gli ioni dell'eluente per i siti carichi della fase stazionaria. La separazione si basa su un processo di assorbimento-desorbimento tra gli analiti e i gruppi ionici della f.s..

I parametri cruciali per la separazione sono la natura della resina e il pH e la forza ionica dell'eluente (eventuale presenza di solventi organici ha un effetto sulla ritenzione degli analiti).

Cromatografia ionica (continua)

(b) Il rivelatore a conducibilità

La misura della conduttività è impiegata come principio universale di rivelazione per ioni inorganici.

In soluzioni acquose, gli ioni esibiscono una conduttività proporzionale alla loro concentrazione.

La rilevazione diretta dell'analita negli eluenti non è possibile. La concentrazione degli eluenti è troppo elevata per discriminare i segnali degli ioni di analita eluiti dalla elevata conduttività del fondo (*background*).

What is Conductivity

Electrolytic conductivity is a measure of the ability of a solution to carry a current.

It is defined as the reciprocal or resistance, in ohms, of a 1cm³ of liquid at a specified temperature which is expressed as siemens/cm. As the range of the conductivity is very low it is frequently expressed as millionths of a siemens or microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Current in liquid is carried by ions. Any change in concentration of ions will change the conductivity of a liquid. Ions are formed in a liquid when a solid, such as a salt, is dissolved. NaCl (table salt) is dissolved to form Na⁺ and Cl⁻ and will contribute to the overall conductivity of the solution.

La **legge di Ohm** esprime una relazione tra la **differenza di potenziale** V (tensione elettrica) ai capi di un conduttore elettrico e la corrente elettrica I che lo attraversa. Gli elementi elettrici per i quali la legge è soddisfatta sono detti **resistori** (o resistenze) ideali o ohmici. Si noti che la legge di Ohm esprime unicamente la relazione di linearità fra la **corrente elettrica** I e la **differenza di potenziale** V applicata. L'equazione indicata è semplicemente una forma dell'espressione che definisce il concetto di **resistenza** ed è valida per tutti i dispositivi conduttori.

La legge deve il proprio nome a quello del fisico tedesco **Georg Simon Ohm**. È descritta dalla relazione matematica:^[1]

$$R = \frac{V}{I}$$

Esiste inoltre la **seconda legge di Ohm**, che permette di calcolare la resistenza di un materiale a partire dalle sue caratteristiche fisiche e geometriche:^[2]

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

dove ρ è la **resistività** del materiale, l la Lunghezza ed S la Sezione.

La capacità elettrica C è definita come la costante di proporzionalità tra la carica elettrica Q fornita ad un corpo ed il conseguente aumento di potenziale elettrico V dello stesso:^[2]

$$C = \frac{Q}{V}$$

Tale rapporto è costante, e dipende dalla forma e dalle dimensioni geometriche del corpo considerato, oltre che dal materiale nel quale il corpo è eventualmente immerso.^[1]

L'**unità di misura** della capacità elettrica nel **Sistema internazionale di unità di misura** è il **farad**, equivalente ad un **coulomb** su volt.

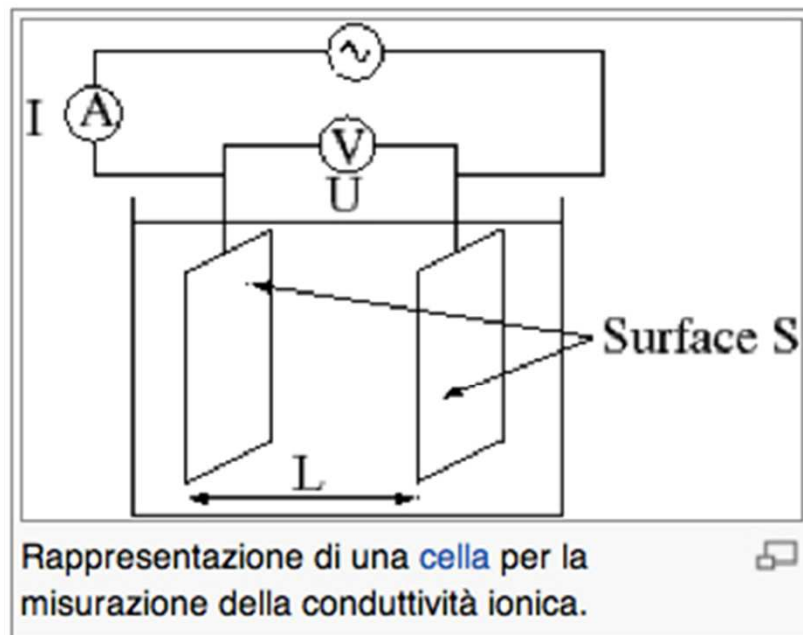
La **conduttività ionica** (o **conduttanza specifica ionica**), simbolo γ , rappresenta la **funzione inversa** della **resistività** riferita ad un **conduttore di seconda specie**, quale una **soluzione**. È la **conduttanza** riferita ad 1 cm^3 di soluzione. Le unità di misura comunemente utilizzate sono il $\mu\text{S/cm}$ o il mS/cm .

$$\gamma = G \cdot \frac{l}{S}$$

dove:

- γ è la conduttanza specifica (misurata in $\mu\text{S/cm}$);
- G è la conduttanza (misurata in μS);
- l è lo spessore della cella conduttometrica (misurato in cm);
- S la superficie affacciata degli **elettrodi** (superficie **normale**, misurata in cm^2).

Le misure di conducibilità si effettuano in regime di **corrente alternata**, per evitare fenomeni di **elettrolisi**. La **temperatura** influisce sulla conduttività provocandone un aumento in seguito ad aumento di **energia cinetica** delle particelle dovuto ad incrementi di temperatura. Il **solvente** invece influenza il libero movimento degli **ioni** in relazione alla sua viscosità. La cella è semplicemente costituita da due lamine di **platino**, di dimensioni standard, collegate ai poli di un **generatore** di corrente ed immerse in soluzione. Per la misura si può utilizzare un **ponte di Kohlrausch** o un dispositivo elettronico digitale.



A2. Un paragone di conduttività tra conduttori elettronici e ionici

	Materiale	κ (S/cm)	$T / ^\circ\text{C}$
Metalli	Argento	$63.01 \cdot 10^4$	20
	Rame	$59.06 \cdot 10^4$	20
	Alluminio	$37.8 \cdot 10^4$	20
	Mercurio	$1.04 \cdot 10^4$	25
Semimetallo	Grafite	$7.27 \cdot 10^2$	0
Sale fuso	KCl fuso	2.2	800
Elettrolita solido	AgI	1–2	>147
Soluzioni elettrolitiche	H ₂ SO ₄ 35%	~1	25
	Acqua di mare	0.05	23
	KCl 0.1 M	0.0112	18
	Acqua potabile	$5 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-6}$	25
	Acqua deionizzata (ma equilibrata con CO ₂ da aria)	$1.05 \cdot 10^{-6}$	25
	Acqua deionizzata (non equilibrata con CO ₂ da aria)	$5.5 \cdot 10^{-8}$	25
Semiconduttore	Germanio (semiconduttore)	$2.17 \cdot 10^{-8}$	22
Isolante	Zolfo (isolante)	$5 \cdot 10^{-22}$	20

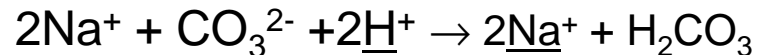
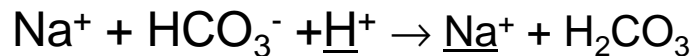
Cromatografia ionica (continua)

IC con colonna di soppressione

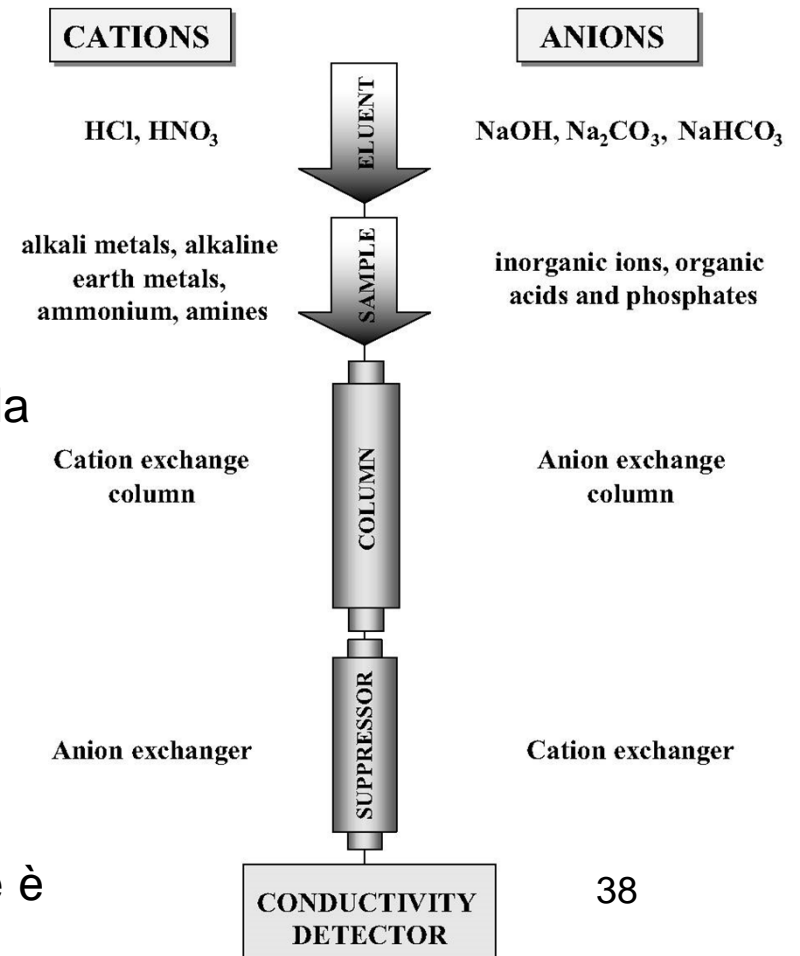
Il problema della rivelazione fu risolto accoppiando ad una colonna analitica una colonna di soppressione, e dalla scelta di opportune fasi mobili.

Per determinare **anioni**, si usa uno scambiatore cationico in forma acida come colonna di soppressione.

L'eluente è NaHCO₃/NaCO₃. Dopo che gli anioni (analiti), es. Cl⁻ e NO₃⁻, sono stati separati dalla colonna analitica impaccata con scambiatore anionico, l'eluente reagisce nel soppressore:



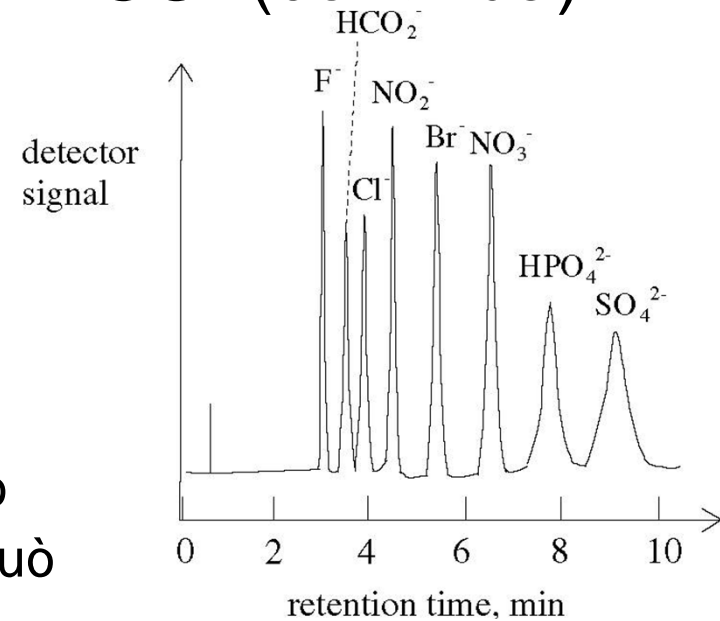
La linea sotto gli ioni indica che sono legati allo scambiatore. Passando da ioni a acido ionico quasi indissociato, la conducibilità dell'eluente è soppressa.



Cromatografia ionica (continua)

IC con colonna di soppressione (continua)

Gli ioni da separare Cl^- e NO_3^- non reagiscono nel soppressore, e la loro conducibilità può quindi adesso essere rilevata



Eluente NaHCO_3 2.8mM/ NaCO_3 2.3mM

Per determinare **cationi** si usa uno scambiatore cationico come colonna analitica. La f.m. adatta può essere l' HCl , e la colonna soppressore deve contenere un soppressore anionico in forma OH^- .



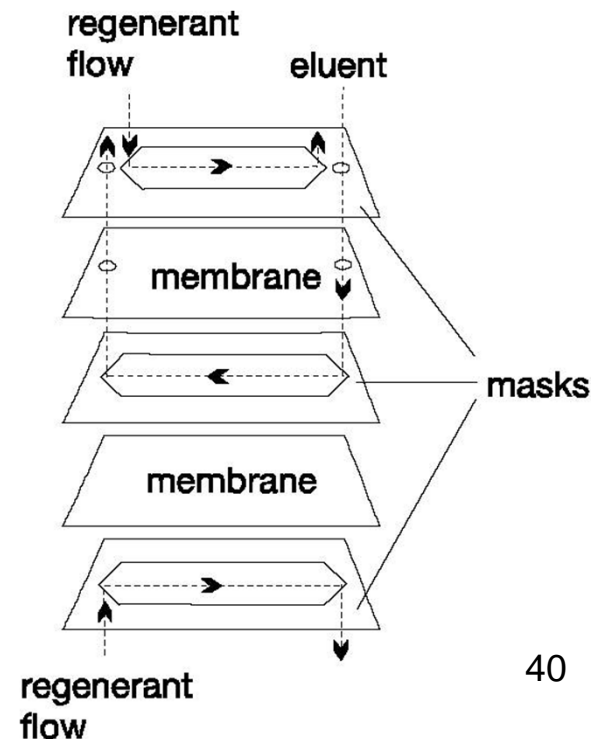
Nuovamente in soluzione rimangono solo gli ioni degli analiti come specie conduttive (es. cationi Na^+ o Mg^{2+})

Cromatografia ionica (continua)

IC con colonna di soppressione (continua)

Uno svantaggio della colonna di soppressione è che deve essere rigenerata dopo un certo tempo (es. 10 ore d'uso).

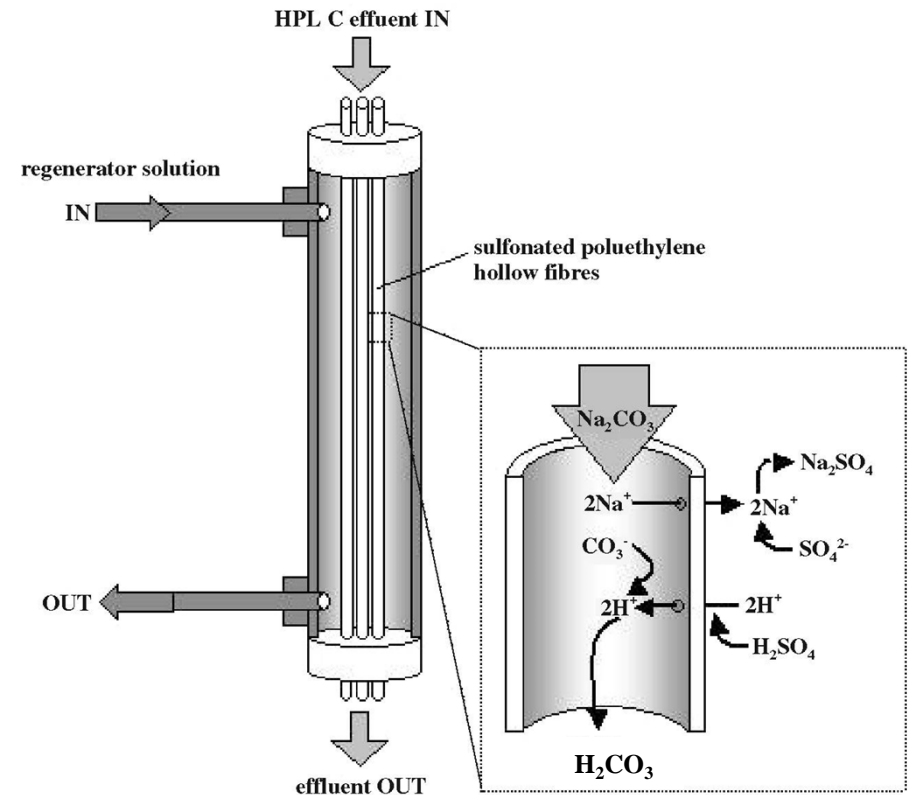
Nella strumentazione moderna si usa un soppressore a membrana; il flusso di eluente è circondato da due membrane scambiatrici che forniscono H^+ o OH^- , a seconda del tipo di determinazione; le membrane di scambio sono continuamente rinnovate da un acido o base rigenerante, che scorre controcorrente.



Cromatografia ionica (continua)

IC con colonna di soppressione (continua)

Come alternativa alla disposizione a strati del flusso di eluente e rigenerante, è stata proposta una disposizione ad anello, inserendo soppressori a fibra cava (*hollow fiber suppressors*).



© 2006 Wiley-VCH, Weinheim
Kellner / Analytical Chemistry
ISBN: 3-527-30590-4 Fig-21-44

Cromatografia ionica (continua)

IC a colonna singola (IC “non soppressa”)

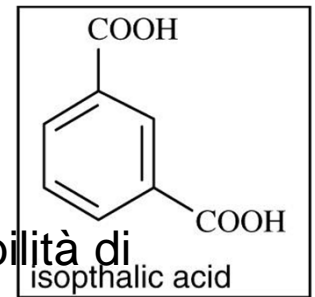
La necessità di una colonna di soppressione può essere evitata se la conduttività della fase mobile può essere mantenuta molto bassa. A questo scopo si lavora con scambiatori ionici a bassa capacità e eluenti a bassa conduttività.

F.m.: es. acido isoftalico, acido benzoico, acido salicilico

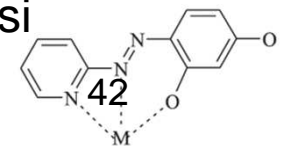
Il pH dev'essere regolato per controllare la forza ionica e quindi la conducibilità di base dell'eluente, che può essere ridotta elettronicamente.

Un'applicazione riguarda acidi organici come gli amino-acidi. La sensibilità è minore della IC con soppressore.

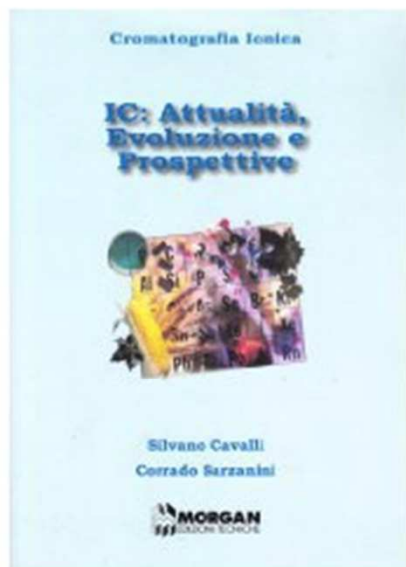
Se si può usare il detector fotometrico il dispositivo di soppressione non serve (es. ac. Isoftalico assorbe nell'UV, rilevazione indiretta del passaggio degli analiti). Si può impiegare una rivelazione fotometrica diretta con un detector di reazione. Un sistema a membrana introduce un reagente complessante (es. piridil-azo-resorcinolo) nel flusso dell'eluente, che si colora intensamente quando reagisce complessando i metalli eluiti.



© 2006 Wiley-VCH, Weinheim
Kellner / Analytical Chemistry
ISBN: 3-527-30590-4 Chart-21-09



Scheme 2.



[+ INGRANDISCI](#)

[Realizza l'immagine in formato grande \(con zoom\)](#)

[Condividi le tue immagini cliente](#)

IC: attualità, evoluzione e prospettive (Laboratorio di Cromatografia Ionica) [Brossura]

[Silvano Cavalli](#) (Autore), [Corrado Sarzanini](#) (Autore)

[Recensisci per primo questo articolo](#)  **Mi piace** (0)

Prezzo di copertina: ~~EUR 40,00~~

Prezzo: **EUR 34,00** **Spedizione gratuita.** [Dettagli](#)

Risparmi: **EUR 6,00 (15%)**

Disponibilità immediata

Venduto e spedito da **Amazon.it**. Confezione regalo disponibile.

Solo 1 con disponibilità immediata - Ordina subito.

Nuovi: 2 da EUR 34,00

Dettagli prodotto

Brossura: 276 pagine

Editore: Tecniche Nuove (23 marzo 2006)

Collana: Laboratorio chimico-biologico

Lingua: Italiano

ISBN-10: 8848119336

ISBN-13: 978-8848119337