

# Az ICP-MS módszer alapjai

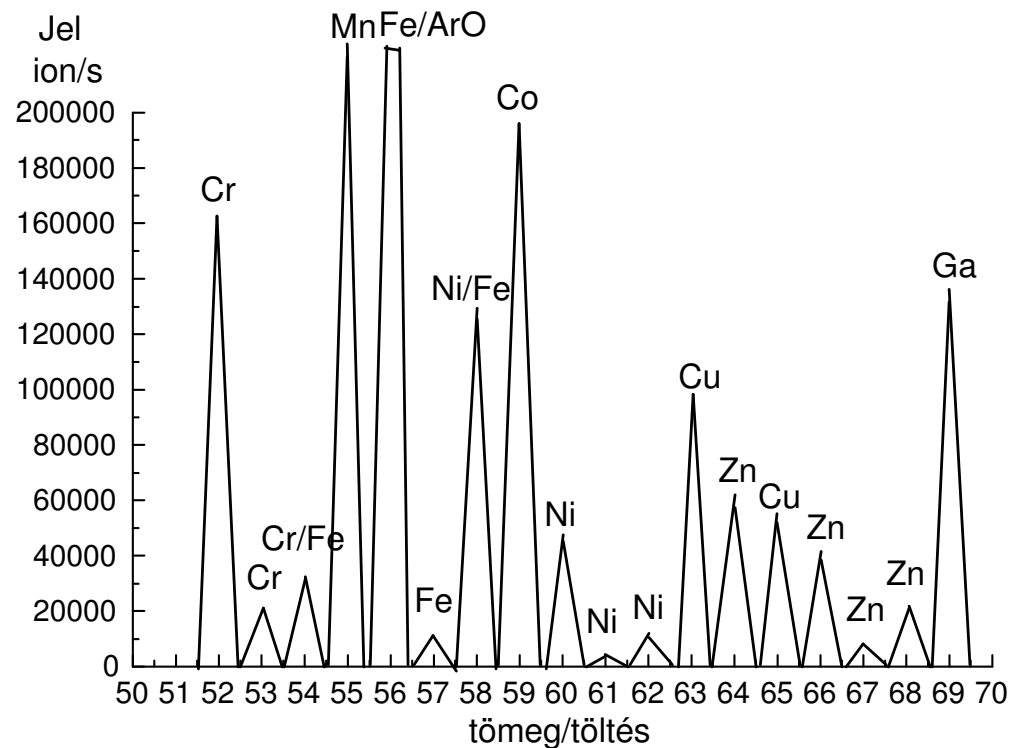
- Az ICP-MS módszer/készülék az ICP forrást használja MS-ionforrásként.
- Az ICP-be porlasztással bevitt oldat mintában lévő elemekből a plazma 6000-8000 K hőmérsékletén szabad atomok (M), illetve termikus ionizációval (M<sup>+</sup>) ionok keletkeznek. Az ionizáció mértéke általában meghaladja a 90%-t, de sok esetben csak kisebb mértékű (As 52%, Se 33%, S 14%, F 0,9%)
- A nagyhőmérsékletű ICP-ionforrásból nikkel kónuszokból (kúpos test) felépített, intenzíven hűtött, kétfokozatú mintavevő rendszeren keresztül szívjuk be a plazmában képzett ionokat a nagyvákuumban működő tömegspektrométerbe.
- A nikkel 0,8-0,9mm átmérőjű kapilláris szakaszában a nagysebességgel áramló gáz nyomásesése jelentős, az első lépésben 760torr-ról 1-2torr-ra, majd a második lépcsőben 10<sup>-5</sup>-torr-ra.

# Az ICP-MS módszer alapjai

- Az ICP-MS készülékek két változatával találkozhatunk :
  - (i) Kis felbontású ICP-MS készülék kvadrupol tömegspektrométerrel és ütközőcellás egységgel. Felbontás 300amu. Készülékár: kb. 40-50Mft (2009)
  - (ii) Nagyfelbontású ICP-MS készülék kettős fókuszálású tömegspektrométerrel. Felbontás: 2000amu-10000amu. Készülékár: 120-150Mft (2009)
- Az ICP-MS módszerrel kb.70-80 elemet tudunk mérni kb. 2-3 perc mérési idővel.
- Az ICP-MS módszer kitűnik nagyon kedvező pg/ml, ng/ml koncentráció tartományba eső kimutatási határaival és széles, 6-8 nagyságrend dinamikus koncentráció tartományával.
- A kedvező kimutatási határok az ion-elektronszorzó elvű detektor alacsony zajszintjére vezethetők vissza (jel/zaj viszony)
- Az alacsony kimutatási határok miatt a koncentráció felső határa általában nem haladhatja meg a 10 mg/l-t és a mátrix koncentráció is 1-2% alatt kell legyen.
- Az ICP-MS módszer elsősorban nyomelemanalitikai feladatok megoldására alkalmas

# Kisfelbontású ICP-MS spektrum

(Elemanalízis/Atomspektroszkópia, Dr.Bezur László BME ÁAKT)



Kisfelbontású kvadrupol készülékkel felvett ICP-MS tömegspektrum részlet

# Kisfelbontású ICP-MS spektrum jellemzése

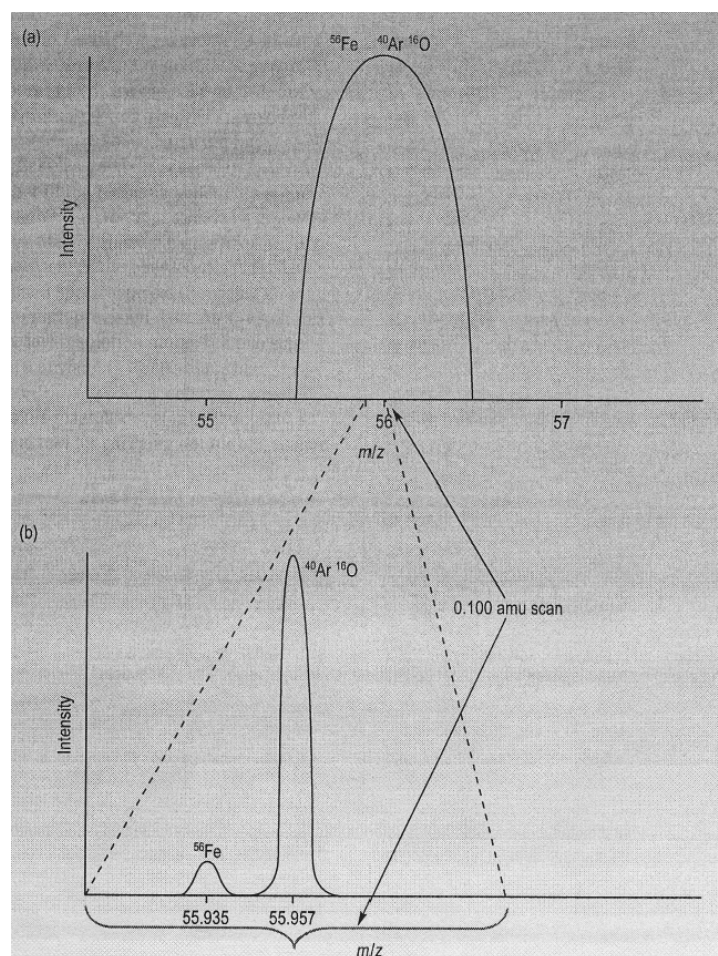
- A kisfelbontású ICP-MS spektrumban tömegszám egységenként jelennek meg az izotóp csúcsok, az ion tömegek egységre kerekített értékének megfelelő helyen.
- A módszer látja, méri az elemek különböző tömegű izotópjait
- A kisfelbontású MS spektrumban egyes elem izotóp csúcsok azonos tömegszámnál jelennek meg (izobárok pl.  $^{54}\text{Fe}$  és  $^{54}\text{Cr}$ )
- A plazma (argon, vízből: H, O) és a minta főkomponenseiből (N, Cl, S, stb.) keletkező molekulaionok is kerülhetnek átlapolásba az atomionokkal a kisfelbontású MS spektrumban, ezzel jelentősen lerontva az analitikai jellemzőket. (pl.  $^{56}\text{Fe}^+$  és  $^{56}\text{ArO}^+$ ).

# Nagyfelbontású ICP-MS spektrum jellemzése

- A nagyfelbontású ICP-MS készülék (felbontás max: 10000amu) a tömeg második-harmadik tizedes jegyében megjelenő tömeg különbségeket képes elkülöníteni. Ezzel jelentősen lecsökken az izobárok és az atomion-molekulaion átlapolások száma. Ezzel csökkennek a spektrális zavarások.

# ICP-MS spektrumrészlet kis és nagy felbontással

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)



A  $\text{Fe}^{56+}$  és az  $\text{ArO}^{56+}$  ionok ICP-MS spektruma kis ( $R=33$ ) és nagy felbontással ( $R=10000$ )

# Elemizotópok atomtömege és természetes izotóp arányai

Élelmiszerek makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

Elem	Izotóp	Atomtömeg	Izotóparány	Elem	Izotóp	Atomtömeg	Izotóparány
			%				%
H	1	1.007825037	99.985	S	34	33.967867740	4.215
H	2	2.014101787	0.015	S	36	35.967079000	0.107
He	3	3.016029297	0.00013	Cl	35	34.968852729	75.4
He	4	4.002603250	100	Cl	37	36.965902624	24.6
Li	6	6.015123200	7.52	Ar	36	35.967545605	0.337
Li	7	7.016004500	92.48	Ar	38	37.962732200	0.063
Be	9	9.012182500	100	Ar	40	39.962383100	99.6
B	10	10.012938000	18.98	K	39	38.963707900	93.08
B	11	11.009305300	81.02	K	40	39.963998800	0.012
C	12	12.000000000	98.892	K	41	40.961825400	6.91
C	13	13.003354839	1.108	Ca	40	39.962590700	96.92
N	14	14.003074008	99.635	Ca	42	41.958621800	0.64
N	15	15.000108978	0.365	Ca	43	42.958770400	0.13
O	16	15.994914640	99.759	Ca	44	43.955484800	2.13
O	17	16.999130600	0.037	Ca	46	45.953689000	0.0032
O	18	17.999159390	0.204	Ca	48	47.952532000	0.179
F	19	18.998403250	100	Sc	45	44.955913600	100
Ne	20	19.992439100	90.92	Ti	46	45.952632700	7.95
Ne	21	20.993845300	0.257	Ti	47	46.951764900	7.75
Ne	22	21.991383700	8.82	Ti	48	47.947946700	73.45
Na	23	22.989769700	100	Ti	49	48.947870500	5.51
Mg	24	23.985045000	78.6	Ti	50	49.944785800	5.34
Mg	25	24.985839200	10.11	V	50	49.947161300	0.24
Mg	26	25.982595400	11.29	V	51	50.943962500	99.76
Al	27	26.981541300	100	Cr	50	49.946046300	4.31
Si	28	27.976928400	92.18	Cr	52	51.940509700	83.76
Si	29	28.976496400	4.71	Cr	53	52.940651000	9.55
Si	30	29.973771700	3.12	Cr	54	53.938882200	2.38
P	31	30.973763400	100	Mn	55	54.938046300	100
S	32	31.972071800	95.018	Fe	54	53.939612100	5.9
S	33	32.971459100	0.75	Fe	56	55.934939300	91.52

# Elemizotópok atomtömege és természetes izotóp arányai

Élelmiszerek makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

Elem	Izotóp	Atomtömeg	Izotóparány	Elem	Izotóp	Atomtömeg	Izotóparány
			%				%
Fe	57	56.935395700	2.25	Br	81	80.916290000	49.43
Fe	58	57.933277800	0.33	Kr	78	77.920397000	0.354
Co	59	58.933197800	100	Kr	80	79.916375000	2.27
Ni	58	57.935347100	67.76	Kr	82	81.913483000	11.56
Ni	60	59.930789000	26.16	Kr	83	82.914134000	11.55
Ni	61	60.931058600	1.25	Kr	84	83.911506400	56.9
Ni	62	61.928346400	3.66	Kr	86	85.910614000	17.37
Ni	64	63.927968000	1.16	Rb	85	84.911799600	72.15
Cu	63	62.929599200	69.09	Rb	87	86.909183600	27.85
Cu	65	64.927792400	30.91	Sr	84	83.913428000	0.56
Zn	64	63.929145400	48.89	Sr	86	85.909273200	9.86
Zn	66	65.926035200	27.81	Sr	87	86.908890200	7.02
Zn	67	66.927128900	4.11	Sr	88	87.905624900	82.56
Zn	68	67.924845800	18.56	Y	89	88.905856000	100
Zn	70	69.925324900	0.62	Zr	90	89.904708000	51.46
Ga	69	68.925580900	60.2	Zr	91	90.905644200	11.23
Ga	71	70.924700600	39.8	Zr	92	91.905039200	17.11
Ge	70	69.924249800	20.52	Zr	94	93.906319100	17.4
Ge	72	71.922080000	27.43	Zr	96	95.908272000	2.8
Ge	73	72.923463900	7.76	Nb	93	92.906378000	100
Ge	74	73.921178800	36.54	Mo	92	91.906809000	15.05
Ge	76	75.921402700	7.76	Mo	94	93.905086200	9.35
As	75	74.921595500	100	Mo	95	94.905837900	14.78
Se	74	73.922477100	0.96	Mo	96	95.904675500	16.56
Se	76	75.919206600	9.12	Mo	97	96.906017900	9.6
Se	77	76.919907700	7.5	Mo	98	97.905405000	24
Se	78	77.917304000	23.61	Mo	100	99.907473000	9.68
Se	80	79.916520500	49.96	Ru	96	95.907596000	5.68
Se	82	81.916709000	8.84	Ru	98	97.905287000	2.22
Br	79	78.918336100	50.57	Ru	99	98.905937100	12.81



# A kifelbontású ICP-MS mérésnél jelentkező vonalátlapolások és az izotóparányok

Élelmiszerek makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

Izotóp/izotóparány																					
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
(K)	6.7																				K
Ca		0.7	0.1	2.1		0.0		0.2													Ca
Sc					100.0																Sc
Ti						8.0	7.5	73.7	5.5	5.3											Ti
V										0.3	99.7										V
Cr										4.4		83.8	9.5	2.4							Cr
Mn															100.0						Mn
Fe														5.8		91.7	2.1	0.3			Fe
Co																			100.0		Co
Ni																		67.8		26.4	Ni

# A kifelbontású ICP-MS mérésnél jelentkező vonalátlapolások és az izotóparányok

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

Izotóp/izotóparány																					
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
(Ni)	1.2	3.7		1.0																	Ni
Cu			69.1		30.9																Cu
Zn				48.9		27.8	4.1	18.6		0.6											Zn
Ga									60.0		40.0										Ga
Ge										20.7		27.5	7.7	36.4		7.7					Ge
As															100.0						As
Se														0.9		9.0	7.5	23.5		50.0	Se
Br																				50.7	Br
Kr																		0.4		2.3	Kr

# Molekulaion zavarások (I)

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

Az argon plazmában keletkező molekula ionok, porlasztott víz és a vízben oldott levegő jelenlétében (tömeg, molekula ion, zavart elem).

Mass	Molecular ion	Interferes with
28	$N_2^+$	Si
29	$N_2H^+$	Si
30	$NO^+$	Si
31	$NOH^+$	P
32	$O_2^+$	S
33	$O_2H^+$	S
39	$^{38}ArH^+$	K
40	$^{40}Ar^+$	Ca
41	$^{40}ArH^+$	Ca
44	$CO_2^+$	Ca
54	$^{40}ArN^+$	Fe, Cr
55	$^{40}ArNH^+$	Mn
56	$^{40}ArO^+$	Fe
57	$^{40}ArOH^+$	Fe
76	$^{40}Ar^{36}Ar^+$	Se
78	$^{40}Ar^{38}Ar^+$	Se
80	$^{40}Ar_2^+$	Se

# Molekulaion zavarások (II)

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

Az argon plazmában keletkező a mátrix komponensekből keletkező molekula ionok

Matrix Element	Mass	Molecular ion	Interferes with
Chlorine (Cl)	51	$^{35}\text{ClO}^+$	V
e.g. HCl, HClO <sub>4</sub>	52	$^{35}\text{ClOH}^+$	Cr
Cl <sup>-</sup> , ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	53	$^{37}\text{ClO}^+$	Cr
	54	$^{37}\text{ClOH}^+$	Cr, Fe
	75	$^{40}\text{Ar}^{35}\text{Cl}^+$	As
Phosphorus (P)	47	$\text{PO}^+$	Ti
e.g. H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	48	$\text{POH}^+$	Ti
	63	$\text{PO}_2^+$	Cu
	71	$\text{ArP}^+$	Ge
Sulfur (S)	48	$^{32}\text{SO}^+$	Ti
e.g. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	49	$^{32}\text{SOH}^+$	Ti
	50	$^{34}\text{SO}^+$	Ti, V
	51	$^{34}\text{SOH}^+$	V
	64	$^{32}\text{S}_2^+$ , $^{32}\text{SO}_2^+$	Zn
	70	$^{38}\text{Ar}^{32}\text{S}^+$	Ge
	72	$^{40}\text{Ar}^{32}\text{S}^+$ , $^{38}\text{Ar}^{34}\text{S}^+$	Ge
	74	$^{40}\text{Ar}^{34}\text{S}^+$	Ge
Carbon (C)	24	$\text{C}_2^+$	Mg
e.g. organics, CO <sub>2</sub> ,	25	$\text{C}_2\text{H}^+$ , $^{12}\text{C}^{13}\text{C}^+$	Mg
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	26	$\text{CN}^+$	Mg
	28	$\text{CO}^+$	Si
	44	$\text{CO}_2^+$	Ca
	45	$\text{CO}_2\text{H}^+$ , $^{13}\text{CO}_2^+$	Sc
	52	$\text{ArC}^+$	Cr
Nitrogen (N)	28	$\text{N}_2^+$	Si
e.g. HNO <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> ,	29	$\text{N}_2\text{H}^+$	Si
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , N <sub>2</sub>	30	$\text{NO}^+$	Si
	31	$\text{NOH}^+$	P
	54	$^{40}\text{ArN}^+$	Fe, Cr
	55	$^{40}\text{ArNH}^+$	Mn

# Molekulaion zavarás megszüntetésének módszerei

(1) Hidegplazma módszer:

A plazmaégőre helyezett fém árnyékoló gyűrű alkalmazásával csökkenti a plazmában a molekulaion képződést. Csak a könnyű elemeknél ad kielégítő eredményt.

(2) Ütközőcella módszer:

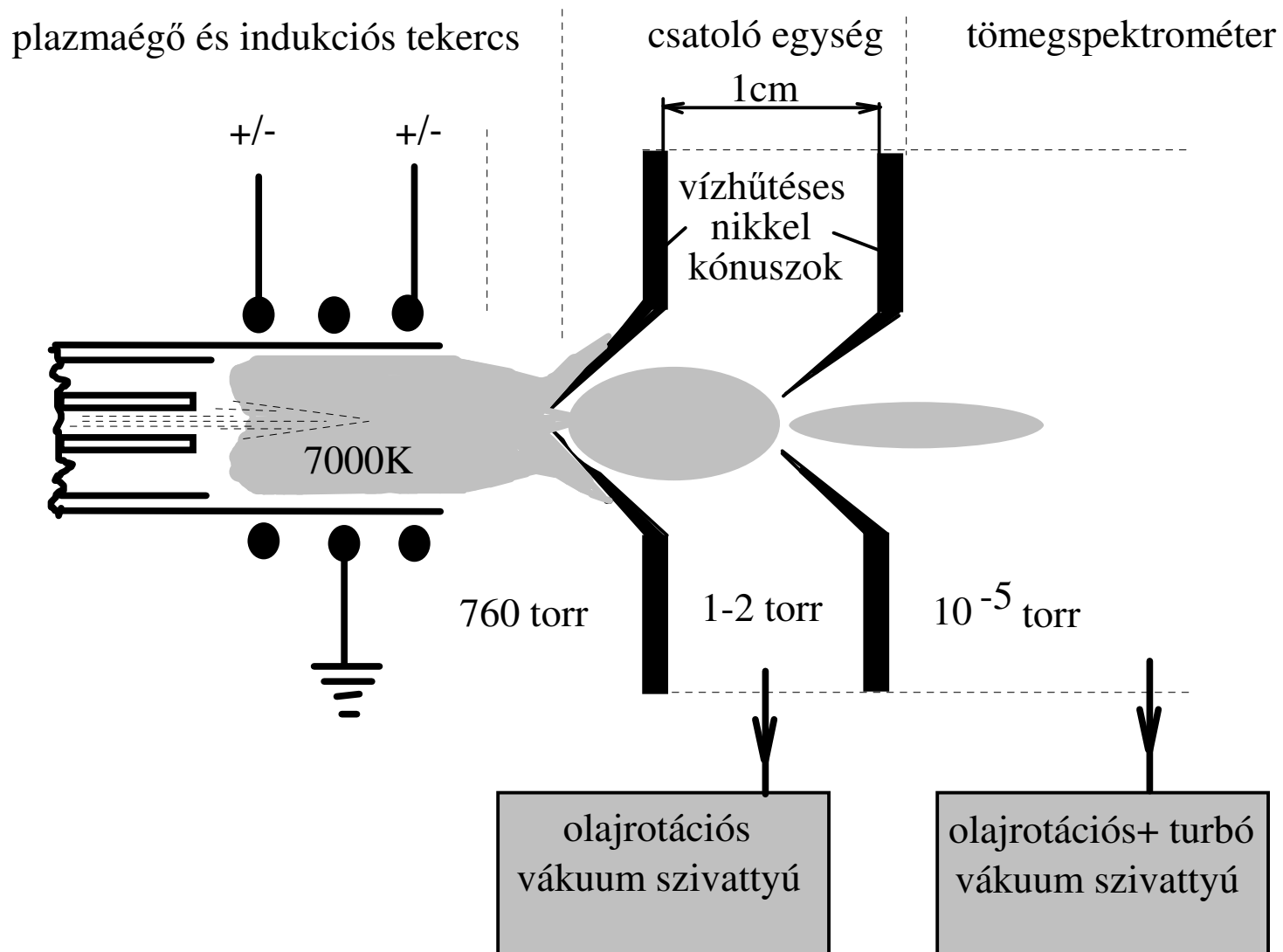
A MS készülék fókuszáló egységében He, H<sub>2</sub> vagy NH<sub>3</sub> gáz segítségével bombázzuk szét a molekula ionokat. Általánosan alkalmazható kisfelbontású ICP-MS készülékekben.

(3) Nagyfelbontású ICP-MS készülék alkalmazása (felbontás:10000)

A készülék felbontása elegendő a fémionok és molekulaionok elkülönítésére.

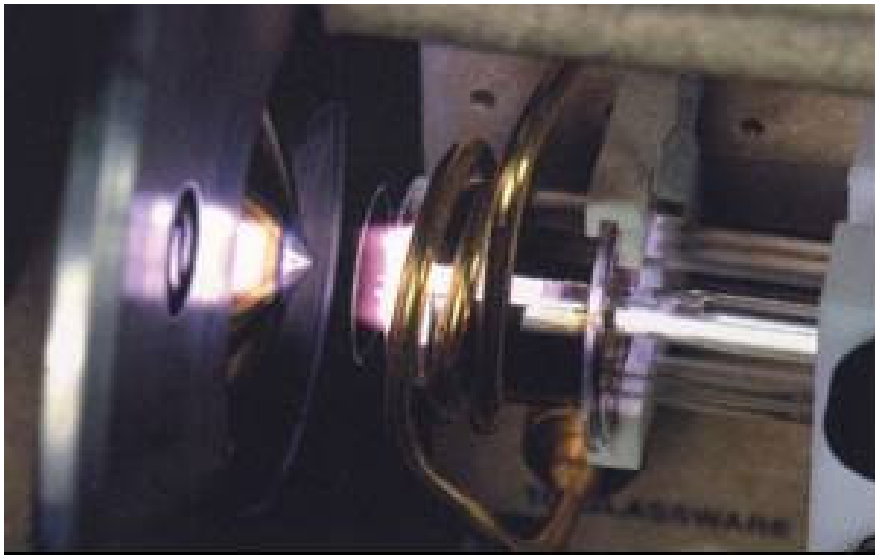
# ICP-MS készülékek csatolóegysége (interfész)

(Elemanalízis/Atomspektroszkópia, Dr. Bezur László BME ÁAKT)



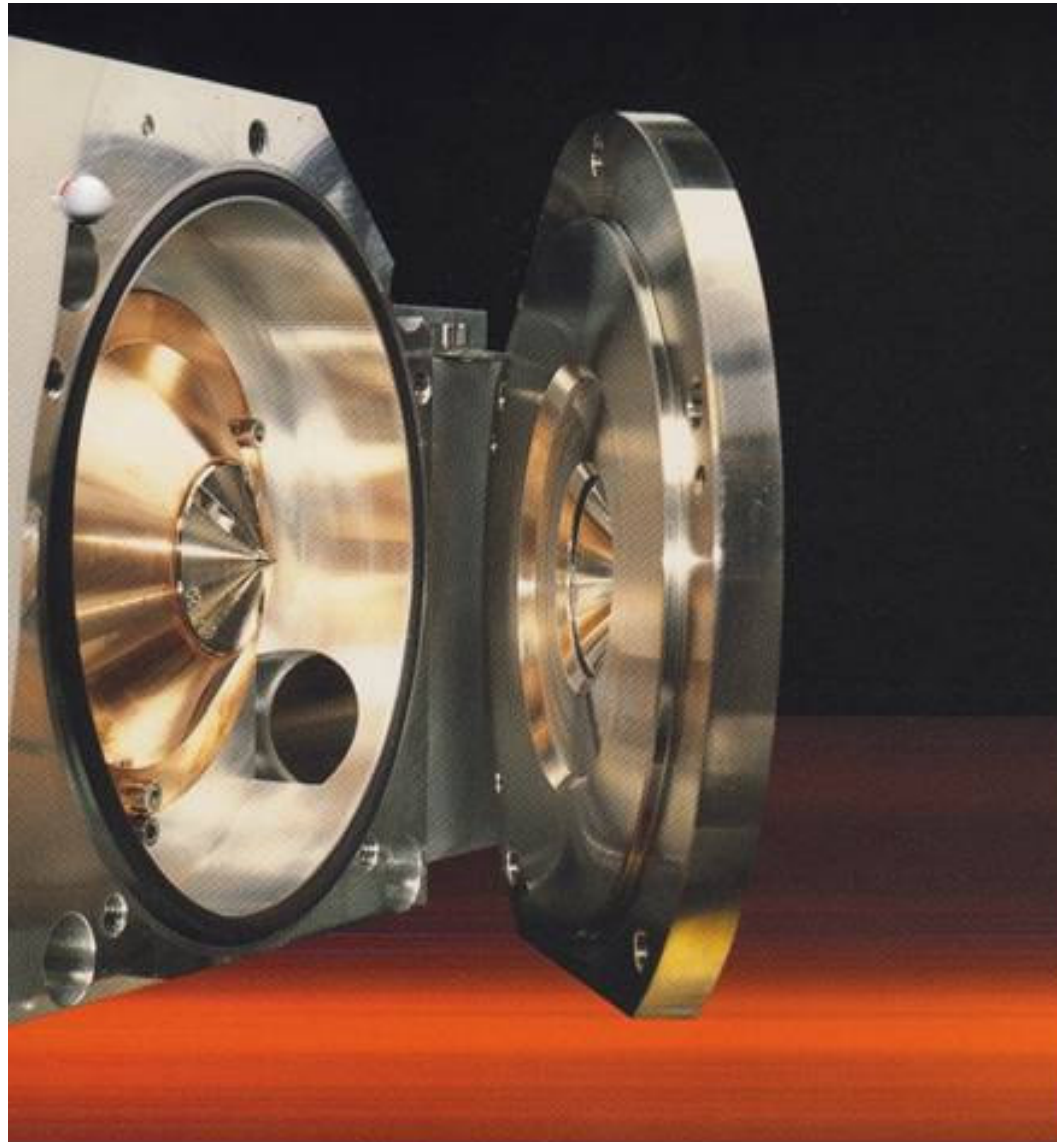
# Thermo Quadrupol ICP-MS készülék interfész

(Elemanalízis/Atomspektroszkópia, Dr.Bezur László BME ÁAKT)



# Thermo Quadrupol ICP-MS interfész része (kinyitva)

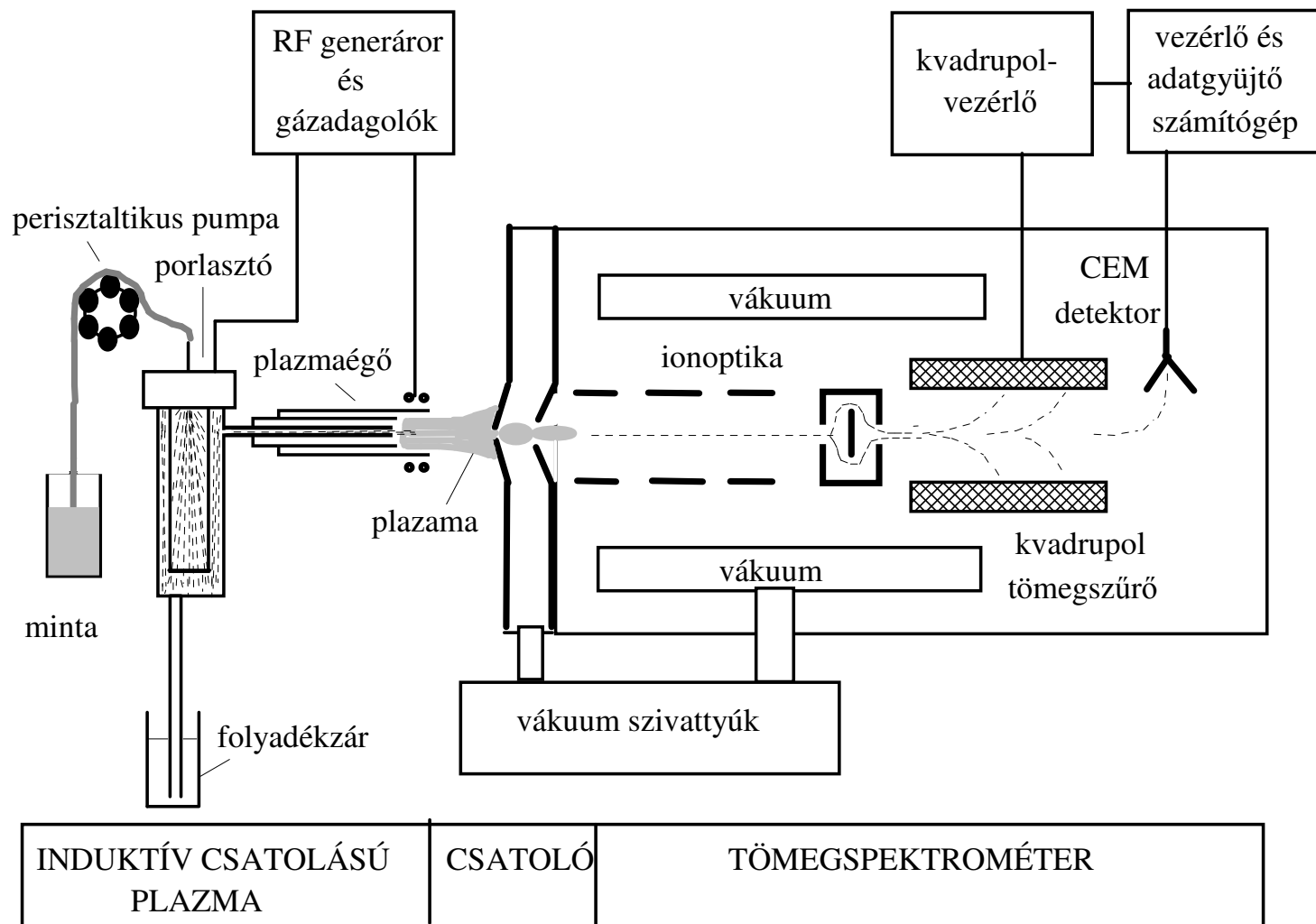
(Elemanalízis/Atomspektroszkópia, Dr.Bezur László BME ÁAKT)





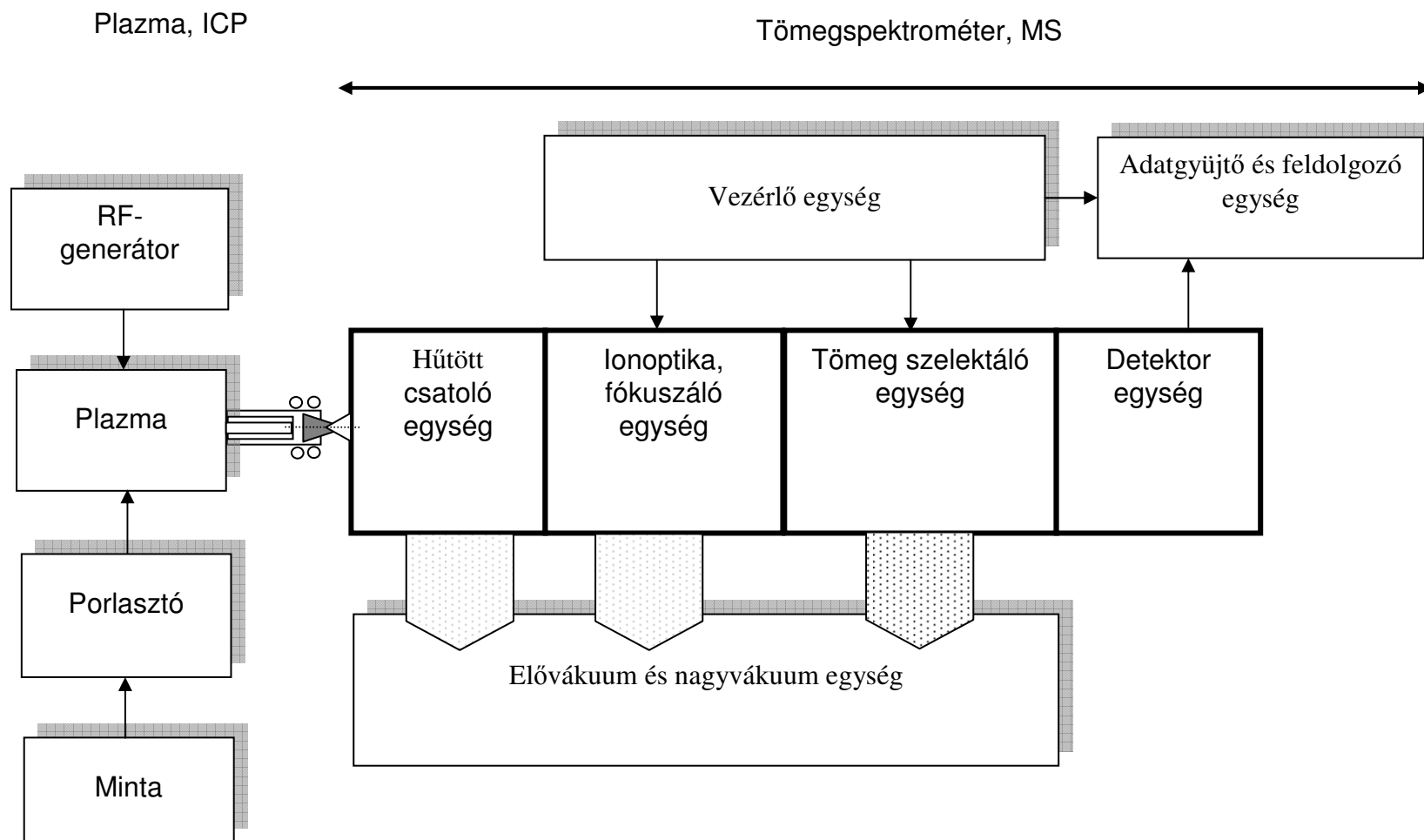
# Kisfelbontású ICP-MS készülék felépítése

(Elemanalízis/Atomspektroszkópia, Dr.Bezur László BME ÁAKT)



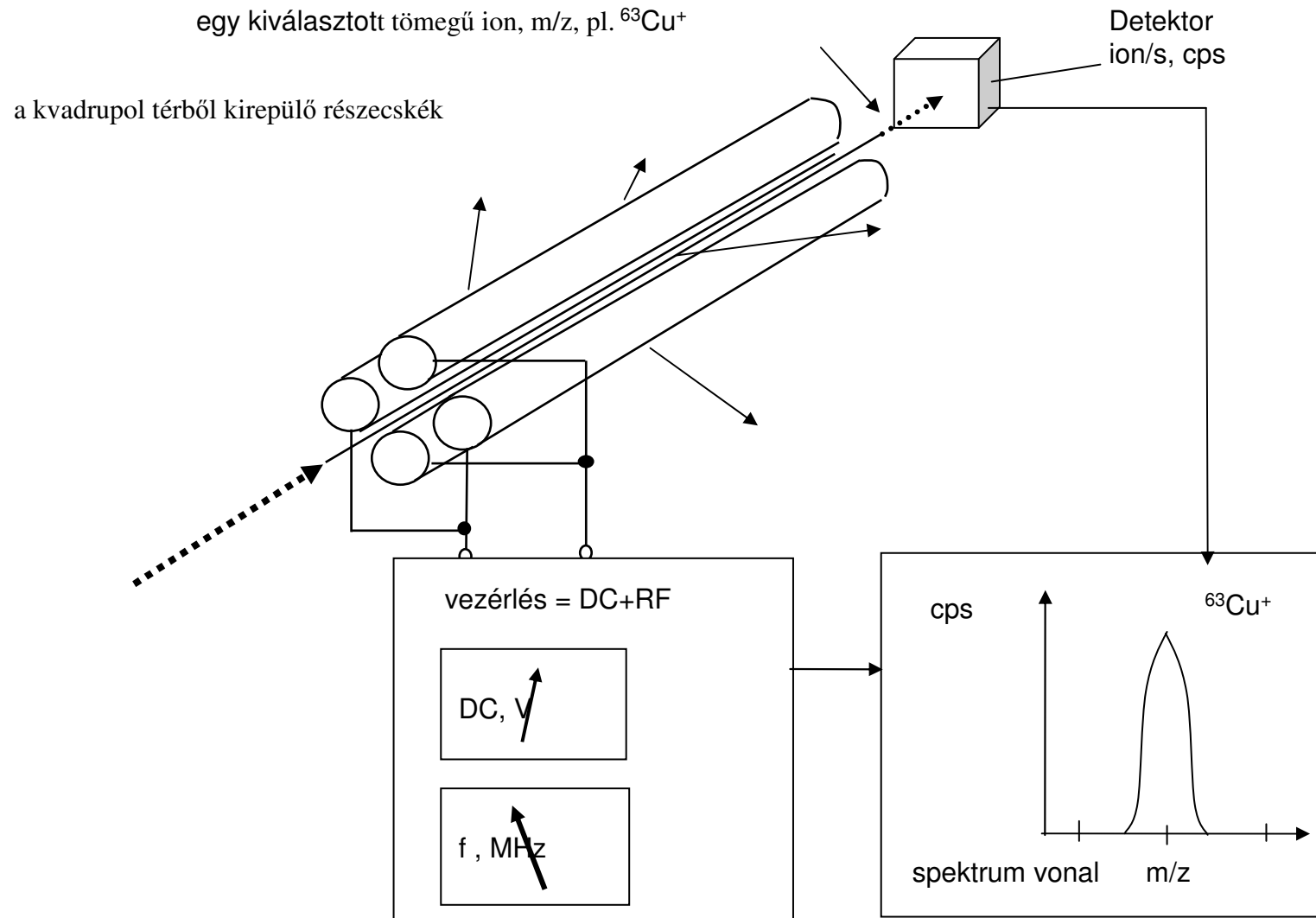
# ICP-MS készülék fő egységei

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)



# A kvadrupol tömegszűrő működése

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)



# Kvadrupol ICP-MS készülék jellemzése

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

## Kvadrupol ICP-MS készülék jellemzése

Tömeg tartomány	1-300 amu
Pásztázási sebesség (elvi)	3000 amu/s (0-300 amu 0,1s)
Felbontóképesség, $R=m/\Delta m$	300
Felbontás ( $\Delta m$ I=10%-nál) kis felbontás= 3,0 amu normál felbontás=1,0 amu nagy felbontás=0,3 amu	A felbontás javításával jelentősen csökken az intenzitás
Molekula ion zavarás	jelentős, kezelésére nem elegendő a felbontás
Módszerek molekula ion zavarás kiküszöbölésére	(i) hideg plazma módszer (ii) ütköző cella v. reakció cella módszer
Beruházási költség	kb. 40MFt-60MFt (2008)

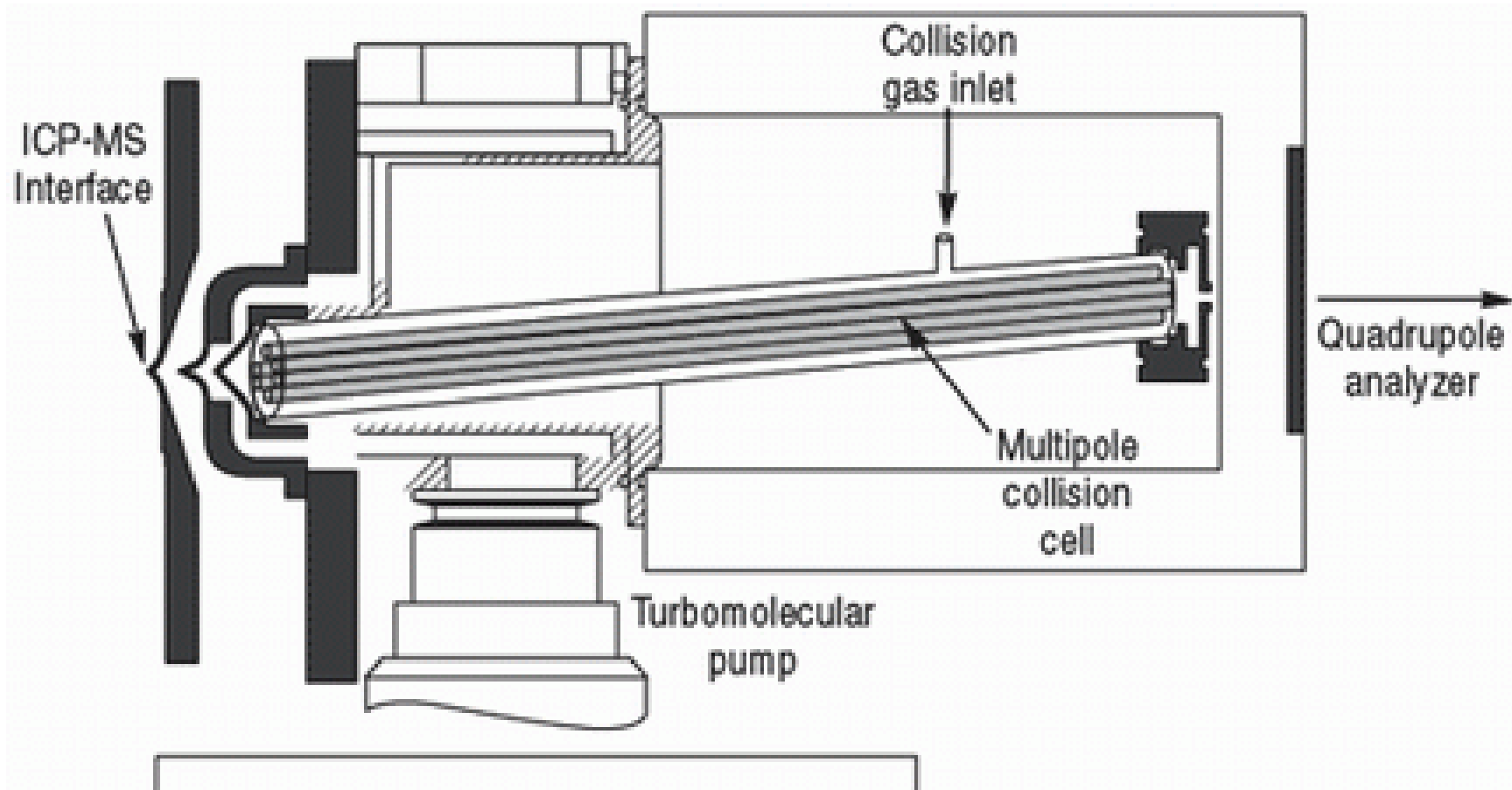
# Kvadrupol-ICP-MS készülék fényképe (felülnézet)

Élelmiszerek makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)



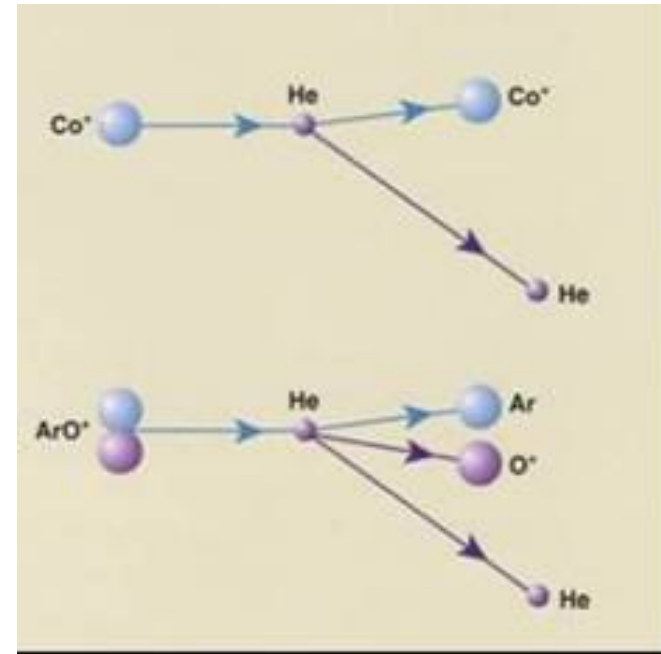
# ICP-MS ütközési cella molekula ionok bontására

(Elemanalízis/Atomspektroszkópia, Dr.Bezur László BME ÁAKT)



# Az ütköző cella felépítése és működése

Élelmiszerek makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)



Fókuszáló és ütköző cella egység képe

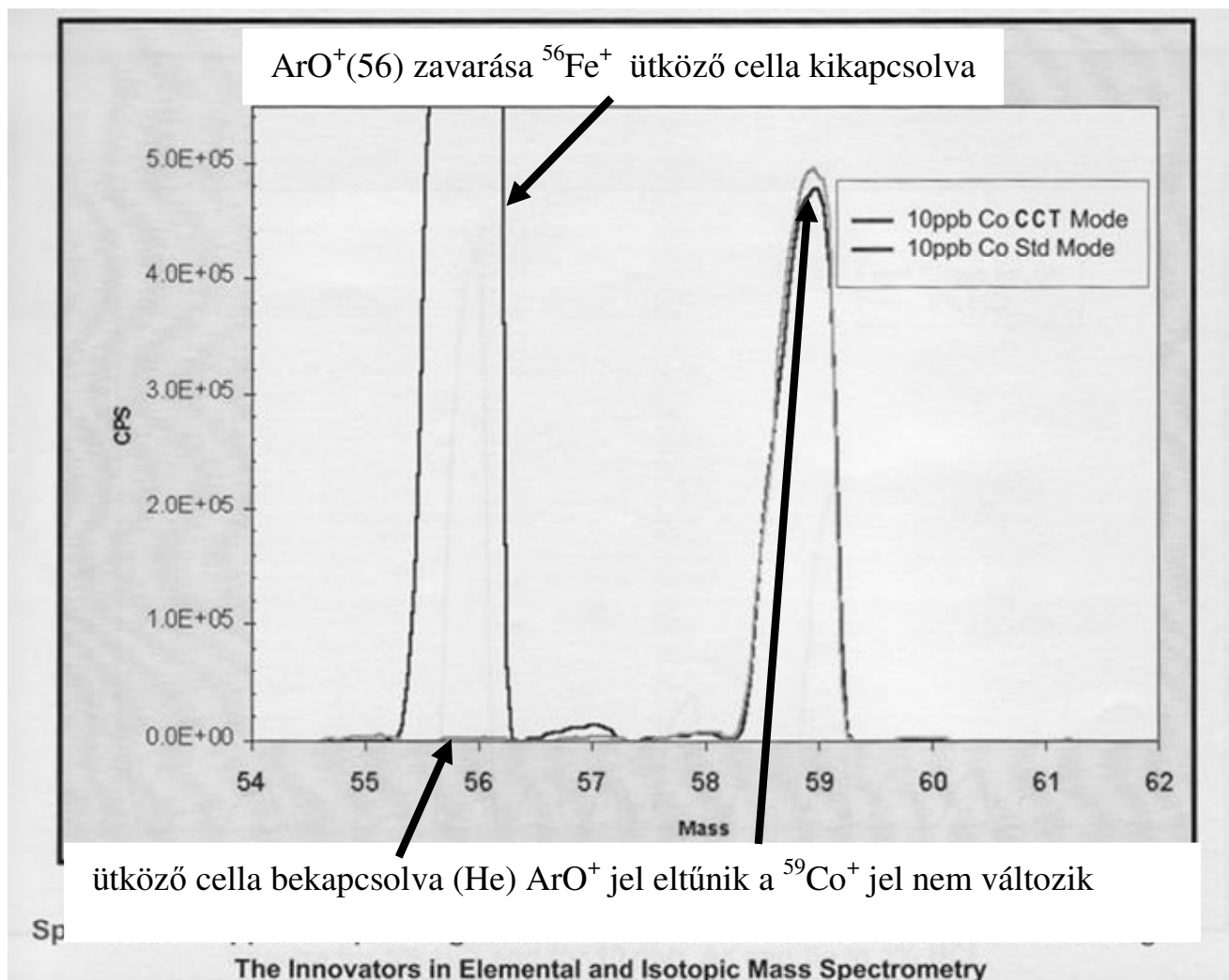
He gáz szerepének szemléltetése ütköző cellában:

( $^{59}\text{Co}^+$ ,  $^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}^+$  (56) zavart ion  $^{56}\text{Fe}^+$ )

- a  $^{59}\text{Co}^+$  ion kissé eltérül
- az  $\text{ArO}^+$  ion  $\text{Ar} + \text{O}^+$  ra bomlik és nem zavarja tovább a  $^{56}\text{Fe}^+$  ion mérését

# Ütköző cella hatása

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

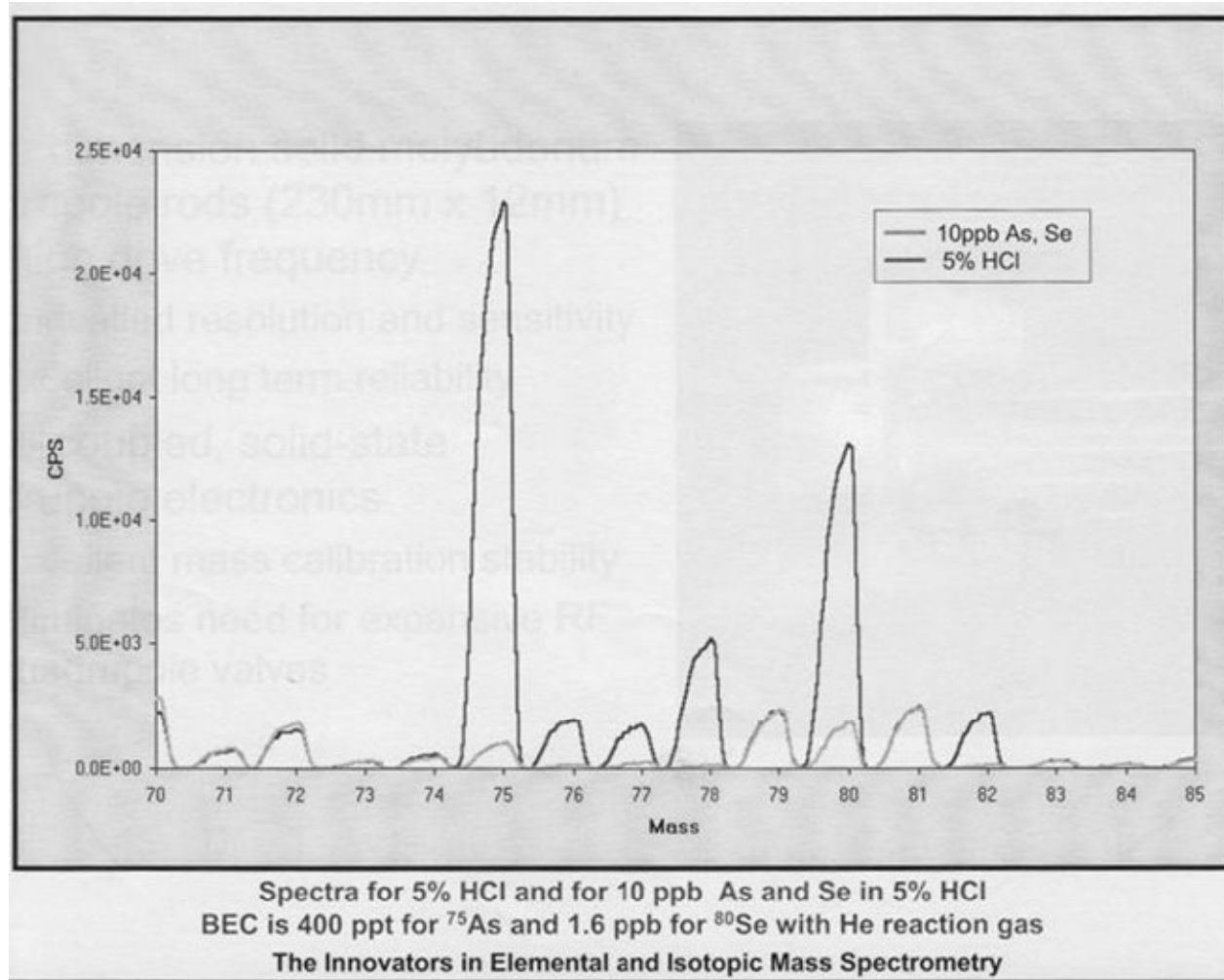


A He gázzal működő ütköző cella működésének hatása a <sup>56</sup>Fe<sup>+</sup> helyen és a <sup>59</sup>Co<sup>+</sup> helyen



# Ütköző cella hatása

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

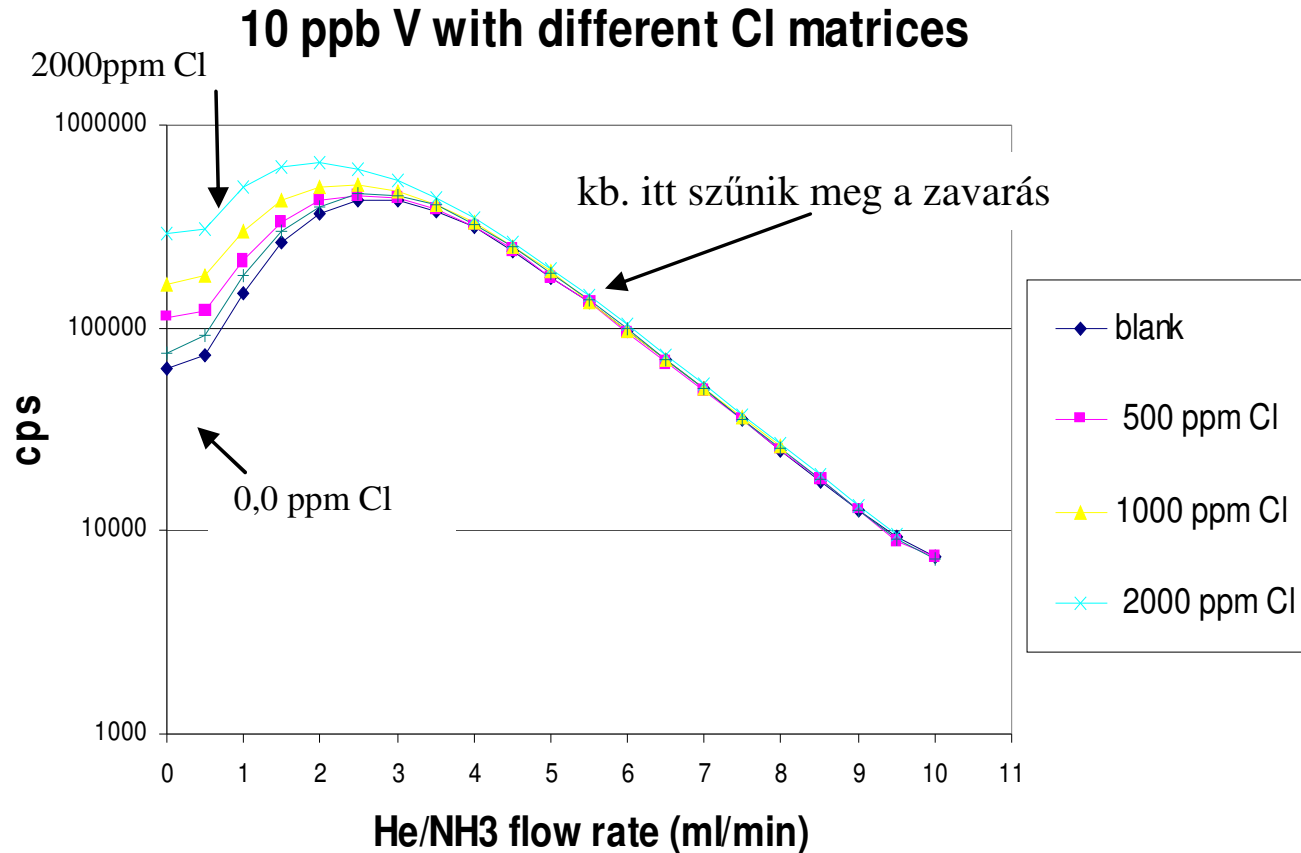


A He gázzal működő ütköző cella működésének hatása a  $^{75}\text{As}^+$  (zavar:  $^{75}\text{ArCl}^+$ ) helyen és a  $^{80}\text{Se}^+$  helyen (zavar  $^{80}\text{Ar}_2^+$ )

(i) 10 ppb As és Se, (ii) 5% HCl vakoldat mérése + ütköző cella ki-be kapcsolva

# Ütköző cella optimalálása

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)



Példa ütköző cella működés optimalálására 10 ppb  $^{51}\text{V}^+$  ( $^{35}\text{Cl}^{10+}$  zavar) mérésekor, 0 ppmCl<sup>-</sup>, 500 ppm Cl<sup>-</sup>, 1000 ppm Cl<sup>-</sup>, 2000 ppm Cl<sup>-</sup> mátrix jelenlétében a He+NH<sub>3</sub> gázelegy áramlási sebességének függvényében

# Nagyfelbontású HR-ICP-MS módszer jellemzése

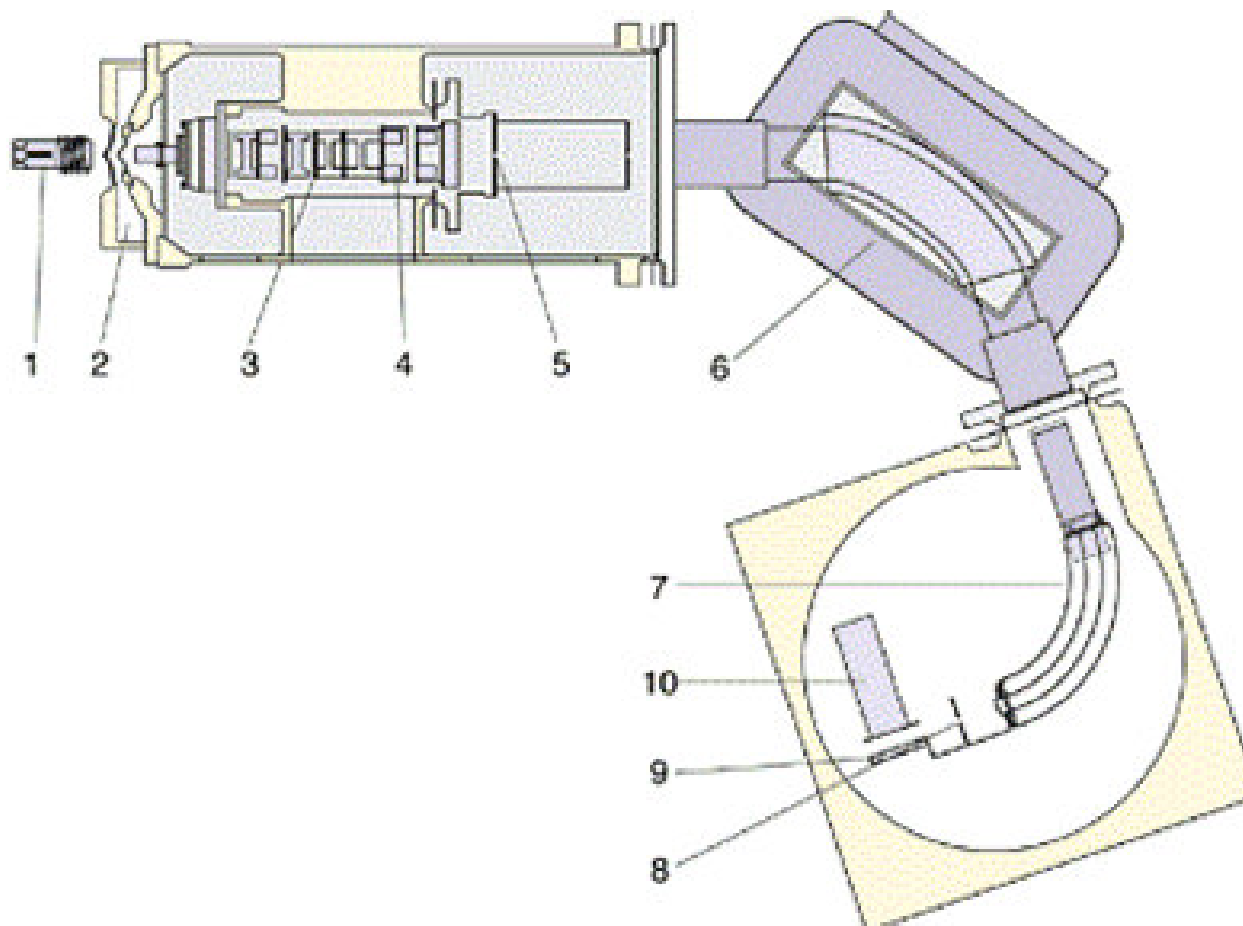
Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

## A kettős fókuszálású HR-ICP-MS készülék jellemzése

Tömeg tartomány	1-300 amu
Pásztázási sebesség (elvi)	3000 amu/s (0-300 amu 0,15-0,2s)
Felbontóképesség, $R=m/\Delta m$	max. 10000, állítható: kis felbontás: 300-400 közepes felbontás: 3000-4000 és nagy felbontás: 8000-10000
Felbontás ( $\Delta m$ I=10%-nál) nagy felbontás=0,001 amu	a felbontás növelésével jelentősen csökken az intenzitás (100%-ról 2%-ra)
Elem izotópok átlapolása	nagyfelbontású üzemben megszűnik
Molekula ion zavarás	nagyfelbontású üzemben megszűnik
Beruházási költség	kb.100MFt-120MFt (2008)

# Kettős fókuszálású ICP-MS készülék felépítése

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)



Kettős fókuszálású ICP-MS készülék felépítése: (1) plazma ionforrás, (2) csatoló egység, (3,4) ion fókuszáló egység, (5) belépő rész, (6) mágneses analizátor egység, (7) elektrosztatikus analizátor egység, (8) kilépőrés, (9) ion-elektron konverter, (10) elektron multiplier (detektor).

# Kvadrupol-ICP-MS beállítása

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

## A kvadrupol ICP-MS készülék jellemző beállításai, az elemzés menete

Plazmateljesítmény	1300 W
Mintavevő bemenési mélység	55 step
Külső argon	0,7 l/min
Közbülső argon	13 l/min
Belső argon	0,87 l/min
Mintabeviteli térfogatáram	1 ml/min
Porlasztó	Koncentrikus
Nikkel „sampler-kónusz”	Ø 1mm
Nikkel „szkimmer-kónusz”	Ø 0,7 mm
Integrálási idő	10 ms
Channels	1
Felbontás	Normál (1amu)

# Kvadrupol-ICP-MS készülék kalibrációja

Makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

1. **Tömegkalibráció** (*Mass Calibration*): 50-100  $\mu\text{g/l}$  standard oldat segítségével; naponta vagy szükség szerint. Különböző tömegű és elem alkalmazásával Pl. Li, Be, Bi, Ce, Co, In, Ba, Pb, Tl, U
2. **Detektor plató** (*Detector plateau*): 100-500  $\mu\text{g/l}$  segítségével; havonta vagy szükség szerint.
3. **Keresztkalibráció** (*Cross Calibration*): 100-500  $\mu\text{g/L}$  kalibráló oldatok segítségével; hetente vagy szükség szerint. Az ion-elektronsokszorozó detektor ion számláló üzemmódját (kis koncentrációhoz) és az analóg üzemmódját (nagy koncentrációkhoz) hozza össze egy kalibrációvá.
4. **Hangolás, tuning**: Egy kiválasztott elem (itt: In) jelét optimalizáljuk a változtatható paraméterek segítségével (plazma, plazmapozíció, mintabevitel, ionoptika beállítása. A tuning lehet automatikus vagy manuális.

# Kvadrupol-ICP-MS készülék kalibrációja

Élelmiszerek makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

- A mérendő elemek kiválasztása:

The screenshot shows the Thermo PlasmaLab software interface. The main window is titled "Thermo PlasmaLab - [Experiment1]". The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Tools, Window, Help) and a toolbar with "On", "Off", and "Queue" buttons. The status bar at the top displays instrument parameters: Neb.: 0.0 bar, Fwd.: 0 W, Ref.: 0 W, Load: 45, Tune: 183, Exp.: 5.6 x10<sup>-2</sup> mbar, Ana.: 8.4 x10<sup>-8</sup> mbar, Speed 1000 Hz, Load: 0.94 A. Below this, it indicates "Vacuum ready" and "BTP P QD".

The main configuration area is divided into several tabs: Setup, Instrument Calibrations, Calibration Method, QC Setup, Sample List, Results, Reports. The "Configuration Editor" tab is active, showing the "Analyte" section. The analyte is "Rhodium(Rh)" with Atomic Number 45 and Ionisation Potentials 7.46, 18.07. The RSF is 0.9400. A table below shows the report details:

Report	Symbol	Mass	Abundance	Equation	Interferences
103Rh	Rh	102.9055	100.0000		14N + 89Y(99.6%), 40Ar + 63Cu(68.8%), 1H + 102Ru(31.3%), 16O + 87Rb(27.8%), 17O H + 86Kr

Below the table are buttons for "Add Default Analytes" and "Remove All Analytes". At the bottom, a periodic table is displayed with the element Rhodium (Rh) highlighted in yellow.

# Kvadrupol-ICP-MS készülék kalibrációja

Élelmiszerek makro és mikro elemeinek meghatározása AAS, ICP-OES és ICP-MS módszerekkel (Dr. Bezur László)

- A mérési szekvencia megtervezése:

The screenshot displays the Thermo PlasmaLab software interface. The main window shows a 'Sample List' table with columns for Number, Report, Label, Type, Rack, Row, Column, Height (mm), Survey Runs, Main Runs, User Pre-dilution, Internal Standards, and Special Blank. The table contains 11 rows of data, including blanks, standards, and samples. The 'Sample List' tab is active, and the 'Apply repeat rules' button is visible. The software status bar at the bottom indicates 'Ready' and 'Queue empty'.

Number	Report	Label	Type	Rack	Row	Column	Height (mm)	Survey Runs	Main Runs	User Pre-dilution	Internal Standards	Special Blank
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Vak	Blank	0	1	1	144	1	3	1	103RnDefa	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Std 1 (1ppb)	Fully Quant Stan	0	1	2	144	1	3	1	103RnDefa	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Std 2 (10 ppb)	Fully Quant Stan	0	1	3	144	1	3	1	103RnDefa	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	Std 3 (30ppb)	Fully Quant Stan	0	1	4	144	1	3	1	103RnDefa	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	Std 4 (100ppb)	Fully Quant Stan	0	1	5	144	1	3	1	103RnDefa	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	Std 5 (200ppb)	Fully Quant Stan	0	1	6	144	1	3	1	103RnDefa	
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Sample	Unknown	1	1	1	144	1	3	1	103RnDefa	
8	<input checked="" type="checkbox"/>	Sample	Unknown	1	1	2	144	1	3	1	103RnDefa	
9	<input checked="" type="checkbox"/>	Sample	Unknown	1	1	3	144	1	3	1	103RnDefa	
10	<input checked="" type="checkbox"/>	Sample	Unknown	1	1	4	144	1	3	1	103RnDefa	
11	<input checked="" type="checkbox"/>	Sample	Unknown	1	1	5	144	1	3	1	103RnDefa	

- Analitikai kalibrálás és kalibrációs függvények illesztése, ellenőrzése.
- Minták elemzése.