





# Neutralizzatore per aerosol a raggi X deboli

<u>A. Nicosia</u>, F. Belosi, B. Vazquez, G. Santachiara, F. Prodi

Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima - CNR





#### **Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)**

- Strumento per la classificazione di aerosol ultrafini che permette la misura:
  - della concentrazione
  - dello spettro dimensionale
- ➢ Range: da qualche nanometro a 1 micron.
- Funzionamento: sfrutta la misura della mobilità elettrica "Z" delle particelle di aerosol esposte ad un campo elettrostatico "E" noto. Ciò avviene nella colonna Analizzatore Differenziale di Mobilità.





#### Analizzatore Differenziale di Mobilità (DMA)

$$Z = \frac{n_e e Cu(Kn)}{3 \pi \eta (d_p)}$$

$$V_m = Z E$$

- L'aerosol confinato da un flusso laminare di aria filtrata, sheat air, scende lungo il condensatore cilindrico DMA.
- ★ L'elettrodo centrale ha una tensione variabile (fino a 10 kV) e l'elettrodo esterno è collegato a terra→ E viene regolato ad un valore stabile per ogni diametro misurato.
- ✤ Particelle di uguale mobilità percorrono uguale cammino: arrivano al foro di selezione solo particelle di uguale Z. Se la carica trasportata dalle particelle  $n_e$  è la stessa, l'aerosol in uscita è monodisperso.
- ★ E' importante conoscere e controllare lo stato di carica dell'aerosol per una corretta misura → si usa un neutralizzatore all'ingresso.



## Neutralizzatore

- Si espone l'aerosol ad un'alta concentrazione di ioni bipolari ed in tempi brevi si arriva all'equilibrio: stato stazionario vicino all'equilibrio di Boltzmann, descritto dalla teoria di Fuchs (1963) e dall'approssimazione di Wiedensoholer (1988).
- ◆ Stato di carica all'equilibrio → aerosol globalmente neutro. Le particelle trasportano:
  - \* in maggior percentuale carica 0 o  $\pm 1$ ,
  - ✤ in minor percentuale cariche multiple.
- Per neutralizzare si usano solitamente sorgenti radioattive (<sup>85</sup>Kr, <sup>241</sup>Am, <sup>210</sup>Po) che impongono RESTRIZIONI nell'acquisto, utilizzo e trasporto. L'uso dell'intero strumento SMPS è limitato dal tipo di neutralizzatore usato..



'+1 fraction, stationary charge distribution' from Swanson et al. (2013)



Grimm charger <sup>241</sup>Am

# Alternativa: neutralizzatore a raggi X deboli

Lavori principali: Shimada et al (2002); Han et al. (2003);
 Lee et al. (2005); Yun et al. (2009); Kallinger (2012).
 Usano SMPS TSI nel confronto fra diversi neutralizzatori.



SMPS TSI con neutralizzatore X-ray modello 3087

Neutralizzatore Raggi X deboli **TSI** è la versione commerciale più frequente:

- © nessuna restrizione di trasporto,
  - (tasto ON/OFF)
- messuna restrizione di utilizzo,
  (debole intensità: < 9.5 KeV),</li>
- © alto tempo di vita media,





⊗ concepito per essere usato solo con SMPS TSI (di uguale marca).

# Neutralizzatore a raggi X deboli TSI

- Neutralizzatore a raggi X deboli TSI è uno strumento STANDALONE?
- Si può inserire al posto della sorgente radioattiva in un SMPS Grimm?

Mancano dati in letteratura. Esistono confronti solo per neutralizzatore a raggi X

deboli e a sorgente radioattiva assemblati con SMPS TSI.

✓ Confronto fatto nel laboratorio ISAC CNR dove sono presenti:



Neutralizzatore raggi X deboli TSI modello 3087



<sup>241</sup>Am (3.7 MBq) con SMPS Grimm

## Materiali e Metodi

- Prove di laboratorio con aerosol polidisperso di NaCl (atomizzatore Collison).
- ✤ Ottimizzazione del processo di generazione: concentrazione stabile (±4%).
- Due situazioni analizzate: aerosol carico (precipitatore elettrostatico spento) e aerosol neutro (precipitatore elettrostatico acceso).
- Neutralizzatore X-ray sempre inserito nel set up e due configurazioni:
  - 1) X ray off & sorgente <sup>241</sup>Am inserita
  - 2) X ray on & sorgente <sup>241</sup>Am rimossa



Set up sperimentale per le misure comparative fra neutralizzatore Xray e <sup>241</sup>Am con SMPS Grimm.

## **Risultati I (aerosol carico)**

Confronto neutralizzatore X-ray (<9.5KeV) e <sup>241</sup>Am (3.7 MBq) con SMPS Grimm:

- minori concentrazioni con neutralizzatore Xray;
- errore assoluto relativo percentuale <3% nel range 10-700 nm.



Distribuzione dimensionale ottenuta con neutralizzatore <sup>241</sup>Am e X-ray (per aerosol carico).

Errore relativo assoluto percentuale

#### **Risultati II (aerosol neutro)**

Confronto neutralizzatore X-ray (<9.5KeV) e <sup>241</sup>Am (3.7 MBq) con SMPS Grimm:

- minori concentrazioni con neutralizzatore Xray;
- errore assoluto relativo percentuale <9% nel range 10-700 nm.





Distribuzione dimensionale ottenuta con neutralizzatore <sup>241</sup>Am e X-ray (per aerosol neutro).

Errore relativo assoluto percentuale

# Risultati III (parametri statistici delle distribuzioni dimensionali)

	Median	Geom. St. Dev.	<b>Total Conc.</b>
NEUTRAL AEROSOL			
<sup>241</sup> Am neutralizer	35.3±0.2 nm	2.09±0.01	$(2.10\pm0.06)\cdot10^5\mathrm{cm}^{-3}$
X-ray TSI 3087	34.6±0.2 nm	2.09±0.01	$(1.90\pm0.02)\cdot10^5\mathrm{cm}^{-3}$
Relative difference (respect to <sup>241</sup> Am)	(1.88±0.01)%	(0.400±0.002)%	(9.4±0.3)%
CHARGED AEROSOL			
<sup>241</sup> Am neutralizer	47.0±0.5 nm	2.01±0.02	$(8.5\pm0.2)\cdot10^5$ cm <sup>-3</sup>
X-ray TSI 3087	45.2±0.2 nm	2.01±0.01	$(8.2\pm0.2)\cdot10^5 \mathrm{cm}^{-3}$
Relative difference (respect to <sup>241</sup> Am)	(3.80±0.04)%	(0.166±0.002)%	(3.2±0.1)%

 $\rightarrow$  TSI riporta differenze del 5% sulla mediana misurata con SMPS TSI e neutralizzatore Xray o <sup>85</sup>Kr.

# Risultati IV (coefficiente di correlazione)

- Coefficiente di correlazione misurato (a sinistra): 0.998;
- ➢ Dato del costruttore con sistema TSI (a destra): 0.95.



SMPS+C Grimm model 5400 Long

SMPS TSI model 3080 Long

Valore compatibile alla correlazione trovata fra strumenti diversi: Watson et al. (2011) riporta 0.95 nel range 5-200 nm (TSI Nano, TSI Long e Grimm).

Neutralizzatore Xray usato è un sistema standalone. ATTENZIONE però al Software!
 Versione usata : "Grimm Universal Nano Software V 1.2.3" sia per <sup>241</sup>Am (3.7 MBq) che
 per X ray (<9.5 keV), considerando un uguale rapporto di carica (Shimada et al. (2002)).</li>

## Caratterizzazione delle perdite per diffusione nel tubo neutralizzatore a raggi X

- Generazione controllata di un aerosol nanometrico di concentrazione stabile.
- Misura della granulometria con e senza apparecchio X-Ray inserito (mantenuto spento).
- Stima della differenza delle due curve e determinazione del coefficiente di penetrazione sperimentale.
- Stima della lunghezza del tubo equivalente che simula la perdita diffusiva (equazione di Gormley-Kennedy, 1949). Risultato: L= 65 cm.





#### **Conclusioni & future work**

Le prove di laboratorio sono positive:

- ✓ differenze dell'ordine del 10% della concentrazione media per canale;
- ✓ differenze compatibili con quelle riportate in letteratura;
- $\checkmark$  test validati per aerosol neutro e debolmente carico di NaCl .

In futuro:

≻test con particelle di diversa composizione chimica.

➢ prove comparative in outdoor.

## Bibliografia

- N.A. Fuchs (1963). On the stationary charge distribution on aerosol particles in a bipolar ionic atmosphere. Geofisica Purae Applicata, 56, 185–193.
- B.W. Han, M. Shimada, K. Okuyama, M. Choi (2003). Classification of monodisperse aerosol particles using an adjustable soft X-ray charger. Powder Technol., 135, 336–344.
- H. Lee, C. Kim, M. Shimada, K. Okuyama (2005). Bipolar diffusion charging for aerosol nanoparticle measurement using a soft X-ray charger. J. Aerosol Sci., 36, 813–829.
- P. Kallinger, G. Steiner, W. W. Szymanski (2012). Characterization of four different bipolar charging devices for nanoparticle charge conditioning. Journal of Nanoparticle Research, 14, 944-951.
- Shimada, M., Han, B., Okuyama, K., & Otani, Y. (2002). Bipolar Charging of Aerosol Nanoparticles by a Soft X-ray Photoionizer. Journal of Chemical Engineering of Japan, 35(8),786-793.
- Swanson J., de La Verpillière J. and Boies A. (2013). Bipolar Neutralization using Radioactive, X-ray, and AC Corona Methods. Cambridge Particle Meeting.
- Watson, J.G., Chow, J.C., Sodeman, D.A., Lowenthal, D.H., Chang, O.M.C., Park, K., & Wang, X. (2011). Comparison of four scanning mobility particle sizers at the Fresno Supersite. Particuology, 9(3), 204–209.
- Wiedensohlar A., Lutkemeier E. Feldpausch M., Helsper C. (1986) Investigation of the bipolar charge distribution at various gas conditions. Journal of Aerosol Science, 17, 413–416.
- K.M. Yun, S.Y. Lee, F. Iskandar, K. Okuyama, N. Tajima (2009). Effect of X-ray energy and ionization time on the charging performance and nanoparticle formation of a soft X-ray photoionization charger. Advanced Powder Technology, 20, 529–536.

# PM2014 GENOVA



# Grazie per la vostra attenzione.

Contatto email: a.nicosia@isac.cnr.it



Acknowledgements: Questo lavoro è stato finanziato all'interno del progetto europeo SMILEY, NMP.2012.1.4-2 FP7 SMALL-6-310637

