MARY VIRGINIA ORNA *

La Conservazione degli Strumenti Scientifici: il Museo della Chemical Heritage Foundation, Filadelfia, Pensilvania, USA

Scientific Instrument Preservation: The Museum of the Chemical Heritage Foundation, Philadelphia, Pennsylvania, USA

Summary – The development of chemistry, like that of the other fields of science and technology, has depended greatly upon the availability of instruments. Accordingly, the study of the history of instrumentation is a major area in any survey of the progress of this science. Recognizing this fact, the American Chemical Society (ACS) organized several major symposia on this topic at its national meetings. It soon became obvious subsequently that their preservation was also important. Often, in industry and academic laboratories, when a newer version of an instrument was acquired, the older one was consigned to the scrap heap. If the item scrapped was unique – sometimes the last of its kind – we have a permanent artifactual gap in the history of science. These points, together with the ever-growing importance and development of the tools of the chemist, led the ACS to include the word «preservation» in subsequent symposia, stressing the importance of thinking and inquiring before scrapping. Only by the cooperation of all scientists and technologists can we hope to minimize, or avoid, losses like those in the past. Fortunately, some far-seeing chemists recognized that in order to assure instrument preservation, it was necessary to build and develop a repository for them. Although there are such museums in Europe, the United States did not have any except for some minor exhibits occasionally displayed at the Smithsonian Institution. Even more fortunately, the committee that formed to pursue the project of a scientific instrumentation museum in the U.S. was able to find a site, the Chemical Heritage Foundation (CHF) in Philadelphia, and the funding to begin the collection and preservation necessary. CHF soon became the venue of choice for the donation of scientific instruments from a series of «antiquities» shows; these donations make up the core of the collection. However, as the collection grew, many of the newer acquisitions consisted of landmark instruments with which great discoveries were made and useful new materials were synthesized. In addition to the instruments, CHF holds books, many of them rare, fine art, and the personal papers of prominent scientists. A selection of these items is displayed in a new museum that treats

* Department of Chemistry, The College of New Rochelle, New Rochelle, New York 10805 USA. E-mail: mvorna@cnr.edu

topics ranging from alchemy to synthetics, the chemical-instrument revolution, chemical education, electrochemistry, and the science of color. Moreover, all of the exhibits are designed to appeal to and to educate not only scientists, but the general public as well. This paper details the growth and range of this gem of a scientific museum.

Key words: Strumenti storici; conservazione.

Introduzione: Una breve storia dello sviluppo della strumentazione scientifica

Lo sviluppo della chimica, come di altri campi scientifici e tecnologici, è dipeso fortemente dalla disponibilità degli strumenti. Di conseguenza, lo studio della storia degli strumenti è indispensabile per il progresso di questa scienza. Perciò, l'American Chemical Society (ACS) ha organizzato all'interno dei suoi congressi nazionali alcuni simposi su questo argomento.

A partire dagli anni '30, attraverso tutti gli anni '40, si è sviluppata un'ampia gamma di metodiche strumentali per affrontare le più svariate analisi. Generalmente, la strumentazione si è sviluppata più velocemente in quei campi dove non c'erano metodi equivalenti, dove venivano utilizzati procedimenti manuali. I limiti degli strumenti si spingevano molto più lontano di quelli dell'occhio umano; così i livelli di misurazione si sono sempre più avvicinati al mondo microscopico – nella fattispecie nella seconda metà del ventesimo secolo si è giunti a determinare, per certe sostanze, la loro presenza in «parti per miliardo». La potenza della spettroscopia a raggi infrarossi è diventata evidente nel trattamento dei problemi qualitativi e quantitativi della chimica organica industriale. La metodologia di separazione chimica basata sull'assorbimento liquido è stata introdotta negli anni 1950 e gli orizzonti della chimica analitica sono stati così ridefiniti. Al contrario di quanto ci si aspetterebbe, ossia limitare l'ambito del chimico analitico ai metodi del passato, – l'analisi gravimetrica e volumetrica sono diventate due discipline in espansione, e le parole del Professor Philip J. Elving lo testimoniano: «Tutti i metodi per ottenere informazioni sulla composizione, l'identità, la purezza e la costituzione dei campioni di materiali (analisi elementare, struttura atomica e molecolare), nonché la determinazione delle proprietà fisiche, possono essere correlate tra loro [con l'obiettivo di accrescere le nostre conoscenze]» [23]. Per il chimico analitico, gli anni 1950 sono stati un periodo di ricco e tumultuoso sviluppo. Nel campo delle separazioni, per esempio, è nata la cromatografia su strato sottile (thin-layer chromatography, TLC) dal lavoro di Kirchner, Miller, e Keller, i quali hanno usato lastrine di vetro rivestite con una sostanza assorbente allo scopo di separare terpeni trovati negli agrumi [13]. Lo sviluppo della teoria della gas cromatografia (GC) era già a buon punto quando Marcel J.E. Golay si accorse di una analogia fra una colonna gascromatografica e la corrente elettrica. Egli riuscì a sviluppare una teoria matematica che si accordava con i dati sperimentali; come risultato di questo lavoro, si ebbe lo sviluppo delle colonne capillari [10]. Nella spettroscopia, le indagini nella

NMR (risonanza magnetica nucleare) Shoolery dimostrò che questo metodo di indagine poteva venir utilizzato nelle applicazioni chimiche [18]. Kiers, Britt e Wentworth stabilirono i principi fondamentali della teoria della fosforescenza e la sua vantaggiosità nell'analisi dei miscugli organici [12]. Durante lo stesso decennio, Gilbert, Hawes, e Beckman hanno descritto il fotometro a fiamma, uno strumento commerciale che ha avuto subito applicazioni commerciali permettendo un rapido sviluppo pratico della spettrofotometria a fiamma [8]. Un'altra notevole intuizione, intrapresa pressappoco nello stesso periodo, fu l'idea di mettere insieme uno spettrometro di massa con un gas cromatografo (GC-MS). R.S. Gohlke usò uno strumento a tempo-di-volo (time-of-flight, TOF) con registrazione fotografica; egli giunse alla conclusione che il metodo permetteva di separare nettamente i miscugli volatili. Fin da subito esso è diventato uno dei più potenti procedimenti di separazione e tale è rimasto per parecchi decenni, via via che la strumentazione si avvaleva dei più recenti sviluppi dell'elettronica [9].

Negli anni '60, nacque e si sviluppò l'era elettronica e la conseguente «miniaturizzazione degli strumenti». Il più importante passo in avanti fu la sostituzione dei vecchi tubi a vuoto con semiconduttori. Grandi sviluppi in spettrometria ad assorbimento atomico si sono avuti per lo studio e la determinazione degli elementi a bassi livelli di eccitazione, usando fiamme di azoto-acetilene e il forno a grafite. L'uso del plasma, accoppiato in modo induttivo, per l'eccitazione e la emissione atomica fu descritto per la prima volta nel 1964 [11]. La «scienza delle separazioni» si è sviluppata con l'introduzione della cromatografia capillare a gas e l'uso dei «fluidi sovracritici». L'analisi elettrochimica pratica divenne una indagine di routine con l'introduzione della voltammetria ciclica e lo sviluppo commerciale degli elettrodi ionoselettivi [7]. Benché la biotecnologia non abbia attirato l'interesse molto esteso prima degli anni 1980, le basi della ingegneria genetica ed il progetto sul genoma umano furono gettate in questo decennio. Uno degli sviluppi più importanti fu l'invenzione di uno strumento per la sintesi automatica dei peptidi, una ricerca che portò al suo inventore, R. Bruce Merrifield, all'assegnazione del premio Nobel per la chimica 1984 [15]. Un testo retrospettivo sulla trasformazione che hanno subito le scienze chimiche, a partire dall'introduzione delle metodologie di risonanza magnetica nucleare alla spettrometria di massa, nell'arco degli ultimi decenni è stato recentemente pubblicato [16]. Basandosi su queste due tecniche strumentali fondamentali, l'autore è riuscito a evidenziare il nuovo modo dei chimici di affrontare, in generale, l'analisi in chimica organica. Egli ha potuto utilizzare per questo volume una grande varietà di fonti, archivi privati, interviste e scritti scientifici, allo scopo di descrivere questa «epopea» in modo assolutamente sfaccettato.

Questo breve sommario ci ha mostrato come nel volgere di pochi anni il campo delle techniche analitiche strumentali si sia sviluppato. La Tabella I [20] mette in ordine i vari tipi di strumenti, molti dei quali si basavano su metodi del tutto sconosciuti ai chimici analitici della prima metà del secolo scorso. Inoltre, più metodi sono stati messi insieme per dare i cosidetti strumenti «scritti con un trat-

tino» i quali, funzionando in tandem con un elaboratore elettronico, lavoravano come un intero sistema analitico. L'impatto di questi sviluppi sullo storico degli strumenti analitici è e deve essere profondo: dove finisce una tecnica, e dove comincia la prossima?

Misurazione del pH	1936
Spettroscopia di Emissione	1936
Polarografia	1938
Spettroscopia Visibile	1940
Spettroscopia Infrarossa	1943
Fluorescenza a Raggi-X	1945
Analisi di Attivazione Neutronica	1946
Gas Cromatografia	1952
Spettroscopia di Assorbimento Atomico	1954
Spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare	1962
Spettroscopia Infrarossa in Trasformata di Fourier	1969
Cromatografia Liquida	1972
Gas Cromatografia – Spettroscopia di Massa	1974
Cromatografia Ionica	1975
Chemometria	1978
Potenziostato Cibernetico	1985

Tabella I. Date «On-Stream» per delle Tecniche Analitiche Selezionate.

L'importanza della preservazione degli strumenti scientifici storici

È diventato presto ovvio che la conservazione era importante. Spesso, nei laboratori industriali ed accademici, quando di uno strumento era acquistata la versione aggiornata quella vecchia veniva buttata via. Se l'oggetto scartato era un «unicum», l'ultimo del suo genere, si sarebbe creata una lacuna permanente nella storia di quella disciplina. Questi fatti, insieme con l'importanza sempre crescente e lo sviluppo degli strumenti del chimico, ha spinto la ACS ad includere la parola «conservazione» nei suoi simposi, sottolineando l'importanza di riflettere prima di distruggere. Soltanto con la cooperazione di tutti gli scienziati potremo sperare di minimizzare, o evitare, perdite come quelle avute nel passato [19].

La preservazione di tali strumenti, benché sembri un lavoro scoraggiante, ha anche un altro aspetto: la preservazione della documentazione che accompagna

questi strumenti. Spesso tali documenti fanno parte degli archivi dei rapporti interni di una impresa. Questi rapporti sono soggetti a scarico nell'evento di una sua incorporazione in altre compagnie o nella ristrutturazione dell'impresa. Tuttavia ci sono altre due risorse disponibili: (1) la memoria dei chimici in pensione, i responsabili per l'uso e la mantenuzione degli strumenti, storici o «obsoleti»; e (2) la letteratura relativa ai brevetti, che è certamente una risorsa più attendibile per ricerche sistematiche o che coprano tempi non più recenti [19].

Il museo degli strumenti scientifici della Chemical Heritage Foundation (CHF)

Grazie agli sforzi di cultori di strumenti storici come John T. Stock dell'Università del Connecticut, il bisogno di trovare e conservare degli strumenti storici della chimica e di altre scienze si è gradualmente diffuso. Tuttavia, il successo di tale progetto poliennale dipende molto dal sostegno e dalla cooperazione di scienziati e tecnici.

Fortunatamente, alcuni chimici lungimiranti hanno riconosciuto che, allo scopo di assicurare la preservazione degli strumenti, era necessario costruire e sviluppare un adeguato spazio conservativo. Benché esistano tali musei in Europa, essi non ci sono negli Stati Uniti, a eccezione di mostre temporanee minori presso lo Smithsonian Institution. Fortunatamente, il comitato che si era formato allo scopo di edificare un museo per strumenti scientifici negli Stati Uniti ha potuto trovare una sistemazione presso la Chemical Heritage Foundation (CHF) a Filadelfia, e cosa non meno importante, i fondi per iniziare la raccolta e la conservazione del materiale. Entro poco, la CHF diventerà il luogo di elezione per la raccolta delle donazioni di antichi strumenti scientifici. Queste donazioni costituiranno il nucleo della collezione [6]. Tuttavia, mentre la collezione prendeva forma, molti nuovi acquisti sono stati effettuati; strumenti con i quali sono fatte grandi scoperte e sono state sintetizzate molte nuove sostanze. Oltre agli strumenti, la CHF possiede una vasta collezione di libri, molti dei quali rari, nonché carteggi privati di scienzati celebri. Una selezione di questi articoli è messa in mostra nel nuovo museo e tratta di argomenti che spaziano dall'alchimica ai prodotti sintetici, dagli strumenti chimici alla didattica chimica, dall'elettrochimica alla scienza dei colori. Inoltre, tutte le mostre sono tese ad attrarre ed istruire non solo gli scienziati, ma anche il pubblico in generale [14, 3].

Strumenti Chiavi nella Raccolta del Museo della CHF

Il «Bakelizer» (1909). Nominato «Old Faithful» dai primi operatori, questo recipiente sotto pressione di vapore veniva utilizzato per produrre grandi quantità del polimero avente come nome commerciale «Bakelite». Nel «Bakelizer», un miscela di fenolo e formaldeide veniva indurita ad una temperatura di 150° C ed una pressione di circa 700 kPa – una pressione sufficente a eliminare la schiuma

dalla reazione che altrimenti avrebbe generato un prodotto fragile e poroso. Nel 1993 la Società Chimica Americana ha definito questo prototipo industriale come una vera e propria pietra miliare nella chimica, ossia il primo National Historic Chemical Landmark [Fig. 1]. Questo modello fatto di resina è una replica dell'originale che si trova presso la Smithsonian Institution, a Washington.

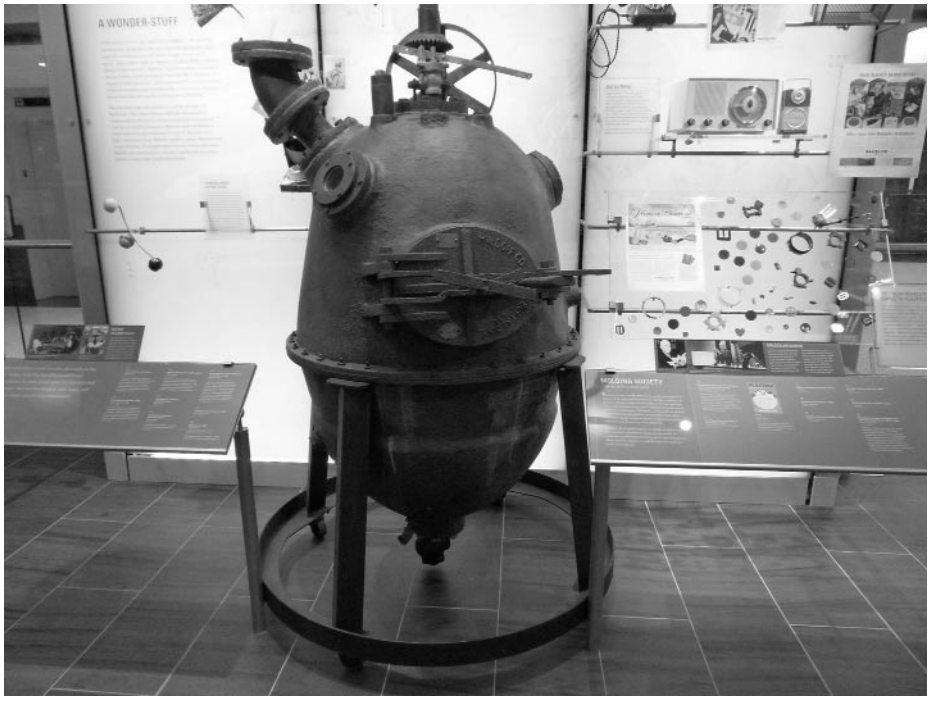

Fig. 1. Il «Bakelizer» (1909).

L'importanza commerciale della Bakelite ha le sue radici nel fatto che è plasmabile, un gran vantaggio nella produzione di manufatti in serie che ha reso questo polimero più importante della celluloide, nonché meno costoso. La Bakelite è una resina termoindurente e, una volta plasmata, mantiene la sua forma nonostante gli sbalzi di temperatura o il trattamento con solventi. Quindi è particolarmente utile nelle industrie automobilistiche e elettrotecniche, dove la sua resistenza straordinaria al calore, all'elettricità e all'azione chimica ha fatto di questo polimero un prezioso manufatto per la costruzione di parti coibenti in una grande varietà di dispositivi e componenti automobilistichi. Benché in seguito molte altre plastiche siano state sviluppate, per una moltitudine di usi, la Bakelite, la prima resina fenolica commerciale, ha segnato l'inizio dello sviluppo dell'industria moderna delle plastiche [2, 1].

Il Contatore di Coulter (1956). «Non si esagera nel dire quanto bisogno si abbia di una strumentazione meccanica per soppiantare il tedioso conteggio manuale delle cellule». Wallace Coulter espresse questo commento sarcastico nel suo articolo del 1956 [4], relativo al suo nuovo metodo automatico per contare le cellule del sangue. Mentre i ricercatori sviluppavano ingegnosi modi per analizzare il sangue e i suoi contenuti, il conteggio e la percentuale delle cellule bianche e rosse continuava a fornire ai medici lo stato della sanità di un paziente. La difficoltà e la tediosità del lavoro tecnico manuale limitavano il numero dei campioni di sangue esaminato in una giornata e persino i più scrupolosi tecnici difficilmente non commettevano errori. La grande innovazione di Coulter fu quella di sfruttare le proprietà elettrotecniche del sangue per contare le cellule. Il suo metodo era utile per contare molti tipi di particelle sospese in fluidi. Il principio operante consisteva nel succhiare del campione fluido, operando in depressione e utilizzando un ingegnoso circuito elettronico. Quando il campione passava attraverso il foro, ogni particella bloccava il campo elettrico per un istante. La forza e la frequenza delle distorsioni del voltaggio registrate dall'apparecchio erano riconducibili ai tipi specifici di particelle in sospensione ed al loro numero. Il Contatore di Coulter (Fig. 2) era non soltanto più esatto ma anche molto più rapido di un operatore, contando circa 50,000 cellule in soli 15 secondi. La macchina, che ha trasformato l'ematolo-

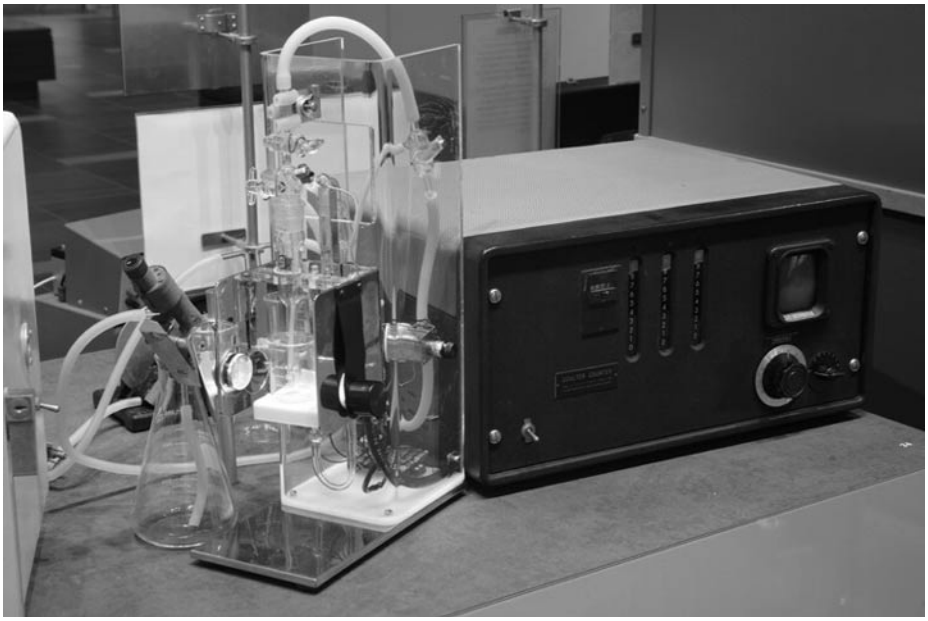

Fig. 2. Il Contatore di Coulter (1956).
(Cortesia della Collezione Graham; Foto da Gregory Tobias)

gia, fu brevettata nel 1953 [5] ed entrò in produzione quasi subito con il Modello A; esso poteva registrare i suoi risultati (conteggio degli eritrociti e dei leucociti) in dieci minuti, accorciando di un terzo il tempo dell'analisi. L'efficienza dei modelli successivi fu via via crescente.

Il «Merrifield Peptide Synthesizer» (1964). Uno degli sviluppi piu importanti nella chimica biologica fu l'invenzione dello strumento per la sintesi automatica dei peptidi, ad opera di R. Bruce Merrifield [15]. Lo strumento originale è posseduto dal museo della CHF [Fig. 3]. Il recipiente di reazione sulla destra contiene i grani del polistirene che legavano le catene dei peptidi. Sulla sinistra di questo recipiente si trovano i solventi; sul retro, i derivati degli amminoacidi; sulla destra, i reagenti. I fluidi di reazione sono pompati avanti e indietro attraverso un dispositivo elettromeccanico messo in fase e simile ad una piccola pianola. Questo «synthesizer» fu il prototipo di molte altre macchine create appositamente per dare sollievo ai tecnici di laboratorio; infatti il lavoro di sintesi dei segmenti di DNA è caratterizzato da ripetizioni e richiede molto tempo.

Il principio della sintesi è basato sul fatto che una catena crescente di peptidi può essere resa ferma fissandone una estremità ad un ancoraggio solido, come

Fig. 3. Il «Merrifield Peptide Synthesizer» (1964).

quello utilizzato da Merrifield, grani del copolimero che va sotto il nome di clorurometilatostirene-divinilbenzene. L'addizione automatica dei reagenti e dei solventi opportuni nei propri tempi portava come risultato alla crescita della catena dei peptidi. Il dispositivo fu sviluppato ampliandone la flessibilità, la maneggevolezza, la gamma di reazioni e condizioni di reazione. [15]

La Centrifuga Analitica Modello E di Beckman (1970). Negli anni '30, i ricercatori cominciarono a studiare i «mattoni» che rendono la nostra vita unica: la riproduzione, la crescita e l'immunità; tale studio passava attraverso l'analisi delle strutture e delle funzioni delle proteine. L'investigazione di queste grandi molecole biologiche necessitava di strumenti speciali, come le potenti centrifughe analitiche. La misura dell'immenso gabinetto che contiene il Modello E [Fig. 4] è determinata inizialmente dalla distanza necessaria alla luce per attraversare i due sistemi ottici della macchina – questi sistemi rendono visibili i mutamenti dei campioni in esame. Gli sviluppatori del Modello E hanno trovato che la immensa misura del gabinetto era conveniente per incunearvi nuove componenti [17].

Fig. 4. La Centrifuga Analitica Modello E di Beckman (1970).

Il «Technicon Autoanalyzer II» (1970). «Nei laboratori di chimica clinica, il monito è questo: automatizzare o morire!», così proclamò uno scienziato dalle pagine del giornale *Chemical and Engineering News* nel lontano 1963. L'autore di questo articolo era Leonard Skeggs, un biochimico dell'ospedale per ex combattenti a Cleveland nell'Ohio. Frustrato dai continui errori di analisi poiché il suo gruppo di assistenti aveva un sovraccarico di lavoro eccessivo, Skeggs incominciò a costruire a casa un rudimentale dispositivo che potesse analizzare il sangue senza intervento umano. Skeggs apportò nel corso degli anni notevoli migliorie. Lo strumento mescolava automaticamente quantità uguali di reagenti e campioni e poi misurava i mutamenti di colore ottenuti dopo ogni operazione.

Uno dei disegni successivi di Skeggs, l'analizzatore multiplo sequenziale computerizzato (detto serie SMAC), cambiò il livello delle prestazioni tecnico-scientifiche da un'analisi per campione al minuto a più di venti analisi ogni ventiquattro secondi! Lo SMAC faceva le sue proprie calibrature e trasmetteva i risultati direttamente al computer di laboratorio. I risultati erano esatti e riproducibili; inoltre le analisi erano assai meno costose.

Fra il 1951 ed il 1954, Skeggs mostrò il suo prototipo a quattro grandi compagnie che lo rifiutarono. Infine, nel febbraio 1954, un commesso viaggiatore di

Fig. 5. Il «Technicon Autoanalyzer II» (1970).

una compagnia molto piccola chiamata Technicon andò a far visita a Skeggs nel suo ospedale. Dopo una dimostrazione del suo autoanalizzatore, Skeggs ricevette un invito dalla sede centrale del Technicon dove i capi erano rimasti molto impressionati dalle caratteristiche della macchina. La compagnia stipulò immediatamente un appalto con Skeggs e durante i successivi quattro anni si impegnò nel trasformare il primitivo prototipo in uno strumento commerciale. Introdotto sul mercato nel 1957 [Fig. 5] con sole 50 macchinette, nel 1963 esse crebbero a 4000 e 18,000 entro il 1969. Lo strumento rivoluzionò la chimica clinica [22].

Lo Spettrometro «Total Ozone Mapping» (STOM) (1976). Montato a bordo del satellite *Nimbus 7* della NASA (National Aeronautics and Space Administration), uno STOM [Fig. 6] ha fatto più di 250,000 misurazioni di ozono ogni giorno fra gli anni compresi dal 1980 al 1985. Queste misurazioni ci hanno permesso di vedere un immenso buco (quanto imprevisto) nello strato di ozono in corrispondenza delle calotte polari. Questa raccolta di dati fu confermata da un insieme di misurazioni prese a terra e apparentemente incredibili. Lo STOM a bordo il *Nimbus 7* non è stato mai ritrovato dallo spazio.

Dal primo gennaio 2006, i dati dello «Strumento del Controllo dell'Ozono» (Ozone Monitoring Instrument – OMI) hanno preso il posto degli STOM [21].

Fig. 6. Lo Spettrometro «Total Ozone Mapping» (STOM) (1976).

Conclusione

Benché questo discorso sia concentrato sulla preservazione degli strumenti scientifici ed altri importanti artefatti industriali, dobbiamo sottolineare che questo lavoro è soltanto «la punta dell'iceberg»; quanto al contributo della CHF, esso è come una vera e propria «miniera del patrimonio chimico». La CHF mantiene una collezione della «classe mondiale» dei materiali che documentano la storia ed il patrimonio delle scienze chimiche e molecolari, delle tecnologie, e delle industrie. Essa promuove ricerche nelle sue collezioni non soltanto perché è sempre aperta al pubblico e alla comunità dei ricercatori, ma anche perché fa offerte di borse prestigiose e di stipendi generosi in aree diverse. Realizza anche dei programmi allo scopo di avanzare la comprensione della parte delle scienze molecolari, delle tecnologie e delle industrie nella formazione della società. La sua missione nel servizio della comunità delle scienze chimiche e molecolari, e del pubblico in generale, è realizzata apprezzando il passato, educando il presente ed ispirando il futuro.

BIBLIOGRAFIA

[1] Alper, J., G.L. Nelson, 1989. *Polymeric Materials: Chemistry for the Future.* Washington: American Chemical Society.
[2] Baekeland, L.H., 1909. The synthesis, constitution, and uses of Bakelite. *Industrial and Engineering Chemistry* **1**, 149-161.
[3] Chemical Heritage Foundation. **2009**. Making Modernity, *Chemical Heritage Foundation Museum Booklet.*
[4] Coulter, W.H., 1956. High speed automatic blood cell counter and cell size analyzer. *Proceedings of the National Electronics Conference* **12**, 1034-1044.
[5] Coulter, W.H., 1953. Means for counting particles suspended in a fluid, United States Patent Office Number 2,656,508; 20 October 1953.
[6] Ferraro, J.R.; E.G. Brame, Jr., 2002. History of the Chemical Heritage Foundation Scientific Instrumentation Museum. *Spectroscopy* **17** (9), 34-36.
[7] Frant, M.S., J.W. Ross, Jr., 1968. Use of a total ionic strength adjustment buffer for electrode determination of fluoride in water supplies. *Analytical Chemistry*, **40**, 1169-71.
[8] Gilbert, P.T., R.C. Hawes, A.O. Beckman, 1950. Beckman flame spectrophotometer. *Analytical Chemistry*, **22**, 772-780.
[9] Gohlke, R.S., 1959. Time-of-flight mass spectrometry and gas-liquid partition chromatography. *Analytical Chemistry*, **31**, 535-41.
[10] Golay, M.J.E., 1957. Vapor phase chromatography and the Telegrapher's Equation. *Analytical Chemistry*, **29**, 928-32.
[11] Greenfield, S., I.L. Jones, C.T. Berry, 1964. High-pressure plasmas as spectroscopic emission sources. *Analyst*, **89**, 713-720.
[12] Kiers, R.J., R.D. Britt, Jr.,W.E. Wentworth, 1957. Phosphorimetry: A new method of analysis. *Analytical Chemistry*, **29**, 202-209.
[13] Kirchner, J.G., J.M. Miller, G.J. Keller, 1951. Separation and identification of some terpenes by a new chromatographic technique. *Analytical Chemistry*, **23**, 420-425.

[14] Kohler, F.C., ed., 2001. PerkinElmer donates extensive instrument collection. *Chemical Heritage* **19** (2), 13.
[15] Merrifield, R.B., J.M. Stewart, N. Jernberg, 1966. Instrument for automated synthesis of peptides. *Analytical Chemistry*, **38**, 1905-14.
[16] Reinhardt, C., 2006. *Shifting and Rearranging: Physical Methods and the Transformation of Modern Chemistry*. Sagamore Beach, Massachusetts, Science History Publications.
[17] Rowe, A.J., G.M. Khan, 1972. Determination of corrected sedimentation coefficient at different temperatures using the MSE analytical ultracentrifuge. *Analytical Biochemistry*, **45**, 488-497.
[18] Shoolery, J.N., 1954. Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *Analytical Chemistry*, **26**, 1400-1403.
[19] Stock, J.T., 1986. Historic Instruments: Survival or Disappearance? In: *The History and Preservation of Chemical Instrumentation,* (J.T. Stock, M.V. Orna, eds.) Dordrecht and Boston, D. Reidel Publishing Company, pp. 239-248.
[20] Taylor, J.K., 1986. The Impact of Instrumentation on Analytical Chemistry. In: *The History and Preservation of Chemical Instrumentation*, (J.T. Stock, M.V. Orna, eds.) Dordrecht and Boston, D. Reidel Publishing Company, pp. 1-10.
[21] http://toms.gsfc.nasa.gov/
[22] Valcarcel, M., M.D. Luque de Castro, 1988. *Automatic Methods of Analysis*, New York and Amsterdam, Elsevier.
[23] Voress, L., 1994. Defining analytical chemistry. In: *Milestones in Analytical Chemistry* (M. Warner, L. Voress, G.K. Lee, F. Wach, D. Noble, eds.) Washington, DC, American Chemical Society, p. 78.