

revvity

Offerta tecnica

Tri-Carb 5110



Preparata per:

ARPA Umbria

Fornitura di n. 1 contatore automatico a scintillazione liquida (LSC) a basso fondo da destinare al Servizio Radiazioni Ionizzanti - UOLM Sez. Chimica delle Acque - Fisica di Perugia

RDO 4662087

Presentazione di Revvity

Revvity è un'azienda operante nei settori della diagnostica, della ricerca e dell'analitica; produce strumentazione, consumabili e reagenti all'avanguardia per consentire ai ricercatori e ai lavoratori di questi settori di ottenere risultati affidabili. Revvity dispone inoltre di una rete di assistenza applicativa e di assistenza tecnica che consente di seguire e guidare il cliente anche successivamente alla vendita.

L'Azienda vanta sedi in tutto il mondo: in Italia la sede di Revvity è situata a Milano. La filiale italiana include un team di vendita dedicato alle soluzioni Life Sciences, inclusa la strumentazione per radiometria, così come un team di assistenza tecnica in grado di intervenire direttamente e in tempi rapidi sulla strumentazione.

Su tutto il territorio italiano sono state installate migliaia di unità Tri-Carb nel corso degli anni. Qui di seguito si elencano le più significative degli ultimi 3 anni:

- Marzo 2021: Tricarb 4810 presso Università di Bologna - utilizzo per ricerca
- Marzo 2021: Quantulus GCT presso SOGIN, Trino - utilizzo per analisi rifiuti radioattivi
- Giugno 2021: Quantulus GCT presso SOGIN, Caorso - utilizzo per analisi rifiuti radioattivi
- Gennaio 2022: Tricarb 4810 presso Università di Parma - utilizzo per ricerca
- Marzo 2022: Quantulus GCT presso JRC EU Commission, Ispra - valutazione esposizione lavoratori
- Settembre 2023: Quantulus GCT presso ARPA Toscana, Firenze - analisi acque potabili
- Novembre 2023: Quantulus GCT presso LabAnalysis, Casanova Lonati - analisi acque potabili e 14C
- Settembre 2024: Tricarb 4910 presso Agenzia Dogane, Palermo - analisi 14C in composti alcolici
- Settembre 2024: ARPA Piemonte, Ivrea - analisi acque potabili

Come si evince dalla lista sopra riportata, Revvity vanta una presenza importante e recente in diversi ambiti di applicazione della scintillazione liquida, dalla ricerca di base sino alle applicazioni per le quali è richiesta un'elevata sensibilità.

Caratteristiche della fornitura in relazione ai requisiti minimi richiesti

Tricarb 5110: contatore automatico a scintillazione liquida (LSC) a basso fondo

Il sistema offerto è il modello TriCarb 5110TR, dotato di ULLCM (Ultra-Low-Level count mode), sistema PSA (Pulse Shape Analysis) per discriminazione ALFA/BETA e completo di sistema PAC (Pulse Amplitude Comparison).

Introdotta nel 2015 sul mercato dei contatori a scintillazione per le misure a basso fondo, è il frutto dell'esperienza ultradecennale di Revvity, che ha qui unito le tecnologie di marchi storici quali Packard e Wallac. Queste, integrate per una soluzione tecnologica agli apici del mercato, ha portato alla realizzazione di questo modello, totalmente in linea con le esigenze di sensibilità delle recenti normative sul controllo delle acque destinate al consumo umano e di altre applicazioni ambientali.

- Sistema di rivelazione costituito da due fotomoltiplicatori (PMT) a basso fondo in coincidenza:
TriCarb 5110 è dotato di due tubi fotomoltiplicatori a basso fondo, che garantiscono un minimo contributo di fondo rispetto ad analoghi sistemi a 3 fotomoltiplicatori. Come è noto, infatti, ogni elemento elettronico fornisce un contributo e aumenta il fondo. Aumentare quindi il numero di PMT può essere controproducente in quanto si andrebbe ad incrementare il fondo presente nello strumento.
- Discriminatore alfa/beta con analizzatore della forma di impulso:
Il software QuantaSmart fornito con il TriCarb 5110 è in grado di separare efficacemente alfa e beta grazie ad un dispositivo di discriminazione alfa/beta basato su PSA (Pulse-shape Analysis) e sistema PAC (Pulse Amplitude Comparator), con possibilità di utilizzare doppio discriminatore (con spillover < 1.5%).
- Guardia per la discriminazione del fondo con compensazione tramite algoritmo matematico:
TriCarb 5110 non necessita di una guardia attiva per abbattere la radiazione di fondo grazie all'utilizzo di diversi sistemi:
 - **schermatura passiva** di piombo a basso fondo, spessore minimo 2"
 - Selezione dei **materiali di costruzione** con ridotta presenza di isotopi naturali
 - **Tecnologia TR-LSC** (Time Resolved - Liquid Scintillation Counting) per il monitoraggio attivo del fondo, permette di migliorare la discriminazione dei veri eventi radioattivi da eventi generati dall'esterno tramite l'analisi di ampiezza degli impulsi (PSA, Pulse Shape Analysis). La discriminazione tra eventi di decadimento reali ed eventi dovuti al background si basa sul differente comportamento degli impulsi nel tempo: veri eventi beta generano meno impulsi successivi, mentre eventi originati dal background producono ripetuti impulsi nel tempo. Particolarmente efficace nella riduzione del background non-quenchable (es. fondo dello strumento, interazione con radiazione cosmica ad alta energia). Circa il 68% del background osservabile è di tipo non-quenchable per cui TR-LSC è particolarmente efficace nel ridurre il fondo.
 - **Modalità ULLCM** (Ultra Low-Level Count Mode) con **PAC** (Pulse Amplitude Comparison): diminuisce la componente di background prodotta da cross-talk ottico, aumentando la sensibilità del sistema (Figura di Merit = E^2/B) >500 per H-3 e >940 per C14 in vials di vetro (in vials di plastica risultati >1400 per C14).
 - **Funzione AEC** (Automatic Efficiency Control): poichè i livelli di quench sono variabili, il sistema AEC monitora e corregge automaticamente la finestra di conteggio per escludere background indesiderato. Raccomandato per tutti i saggi DPM. Per il conteggio alfa è possibile regolare la finestra di conteggio per eliminare gran parte del background indesiderato.
- Cambia campioni automatico (rack per almeno 40 vials da 20ml):
Il sistema Tricarb 5110 è dotato di un sistema di caricamento bidirezionale automatico, in grado di caricare fino a 408 vials da 20 ml o 720 vials da 4 o 7 ml; è inoltre equipaggiato con il sistema Varisette, che consente di caricare vials di diverse dimensioni senza utilizzare adattatori

- Sistema di termostatazione della camera di conteggio:
Tricarb 5110 è equipaggiato con un sistema di refrigerazione che consente di controllare la temperatura della camera di conteggio, al fine di abbattere ulteriormente il background. Il sistema di refrigerazione è in grado di arrivare fino a 15°C.

Caratteristiche prestazionali:

1. Range di energia minimo:

Il range di energia minimo per Alfa e Beta totali del Tricarb 5110 è:

Alfa totale: 0-10 MeV

Beta totale: 0-2 MeV

2. Valori minimi accettabili di efficienza di conteggio (campioni non quenched):

H-3 (range di energia 0-18.6 KeV): 63%

C-14 (range di energia 0-156keV): 95%

3. Analizzatori MCA:

Tricarb 5110 è dotato di 2 analizzatori MCA, uno dedicato alle misure alfa e uno dedicato alle misure beta. 4). Gli ADC sono di tipo lineare, ideale per avere una risoluzione ottimale alle alte energie rispetto a sistemi con scala logaritmica. Il multicanale è organizzato su 4096 canali (a differenza di altri concorrenti con solo 1024 canali) con un doppio valore di scala e risoluzione alle basse energie fino a 0.1Kev/canale. Per gli spettri Beta, relativamente ampi, la risoluzione non costituisce un problema. Avere un MCA di tipo logaritmico non costituisce un vantaggio in termini di sensibilità, anzi è uno svantaggio a causa della scarsa risoluzione alle alte energie, in quanto potrebbe portare ad errori significativi nella valutazione del quench (quando valutato in endpoint), rispetto a MCA con scala lineare. Il sistema proposto da Revvity, invece, basato sul parametro tSIE, considera l'intera distribuzione spaziale dello spettro dello standard esterno e una scala lineare consente di ridurre l'errore nella valutazione del quench.

4. Capacità di determinare la concentrazione di attività nelle acque di rete con valori di MAR rispondenti a quanto fissato dal Decreto legislativo 15 febbraio 2016, n.28:

Il Tricarb 5110 risulta adeguato alle determinazioni della concentrazione di attività del radon (Rn-222) nelle acque di rete mediante scintillazione liquida, con limite di rilevazione di 10 Bq/l; in particolare, da precedenti dati sperimentali, possiamo dichiarare, in media, il raggiungimento di un valore pari a 0,8 Bq/L in 40 minuti.

Risulta adeguato alle determinazioni della concentrazione di attività del trizio nelle acque di rete mediante scintillazione liquida secondo normativa vigente, con limite di rilevazione per il trizio di 10 Bq/l; da precedenti dati sperimentali, possiamo dichiarare, in media, il raggiungimento del limite di rilevazione in circa 30 minuti.

Risulta infine adeguato alle determinazioni del contenuto di attività alfa e beta totale in acque destinate al consumo umano mediante scintillazione liquida, con limite di rilevazione per attività alfa totale di 0,04 Bq/l e per attività beta totale 0,2 Bq/l; da precedenti dati sperimentali, possiamo dichiarare, in media, il raggiungimento di attività di 0,018 Bq/l per Alpha e 0,12 Bq/l per Beta in circa 900-1000 min con concentrazione del campione 10X; con concentrazione 15X, i limiti di legge sono raggiunti in circa 4 ore.

5. Pre-concentrazione non superiore ad un fattore 10 per il raggiungimento del limite di rilevazione per alfa e beta totale:

Come indicato al punto precedente, è possibile raggiungere il limite di rilevazione per alfa e beta totale anche con concentrazione del campione 10x.

6. Background: <10 CPM con 8 ml di H₂O e 12 ml di LS:

In base alle precedenti esperienze raccolte sul Tricarb 5110, in media lo strumento può garantire valori di fondo del trizio pari a:

- 17 cpm in Normal Count Mode
- 4.5 cpm con finestra aperta
- 1.6 cpm in finestra ottimizzata per il 3H
- 1.3 cpm con la funzione PAC (Pulse Amplitude Comparison)

7. Dotazione di un PC desktop con monitor 24", tastiera e mouse per la gestione dello strumento e per la lettura dei dati:

Tricarb 5110 viene fornito con un PC integrato con sistema operativo Windows 10 a 64 bit, 4 GB RAM e 250GB Hard Disk, 3 porte USB ad alta velocità e supporto Ethernet Dual Gigabit. Sono inclusi monitor 24", tastiera e mouse, alloggiati su un braccio ergonomico del carrello porta strumento.

8. Dotazione di un software di gestione dello strumento e il software per l'elaborazione dei dati, esportabili nei formati scientifici più comuni (Excel, csv, etc etc):

Include il software QuantaSmart per la gestione ed elaborazione delle misure, con elevate caratteristiche grafiche per l'analisi spettrale e l'ottimizzazione dei valori di discriminazione anche alfa/beta, con capacità di generazione ed esportazione di files verso applicativi esterni, sia con dispositivi USB che mediante connessioni di rete. Inoltre, il software QuantaSmart dello strumento è dotato della funzione Replay, che consente di rianalizzare i dati grezzi di conteggio senza dover contare nuovamente il campione, con un notevole risparmio di tempo.

9. Dotazione di un sistema di appoggio dello strumento per consentire una facile gestione dello stesso:

Lo strumento viene fornito con carrello attrezzato, dotato di ruote per facilitare lo spostamento del Tricarb 5110. Il carrello è dotato di braccio ergonomico per monitor, tastiera e mouse, consentendo il corretto posizionamento per l'utente. Il carrello è inoltre dotato di 2 ripiani per alloggiare consumabili o altri accessori.

10. Fornitura di consumabili per la messa a punto dello strumento:

Vengono forniti vials e liquidi di scintillazione, come meglio specificato nei paragrafi successivi.

Formazione del personale:

Successivamente all'installazione e al collaudo positivo del sistema, verrà effettuato un training di addestramento della durata di 1 giorno lavorativo. Il training sarà effettuato dal tecnico specializzato o da uno Specialista Applicativo, in funzione delle disponibilità.

Una giornata di training è ampiamente sufficiente per poter utilizzare lo strumento, fermo restando che rimane a disposizione il nostro supporto tecnico e applicativo per qualunque necessità.

La data di training verrà concordata con il vostro Responsabile del Servizio Radiazioni Ionizzanti di ARPA Umbria.

Proponiamo inoltre un corso di formazione di 2 giorni sulle tecniche di misura in scintillazione liquida adottate dallo strumento, da effettuare presso la sede di Perugia di ARPA Umbria. Tale formazione potrà essere erogata o da un nostro Specialista Applicativo o da un istruttore esterno, individuato da Revvity Italia, esperto nel settore della scintillazione liquida.

Fornitura consumabili

Vengono forniti:

- 2 confezioni da 100 pz di Vials Low Diffusion PE, in polietilene teflonato
- 5L di Ultima Gold F
- 5L di Ultima Gold LLT

Fornitura kit per controllo qualità

Viene fornito un set di standard unquenched in vials da 20 ml per H-3, C-14 e fondo.

Garanzia e Assistenza tecnica

Il sistema proposto sarà coperto da garanzia full risk per i primi 12 mesi dall'installazione e da contratto di manutenzione Signature (ex Platinum), con una visita di manutenzione preventiva, per i successivi 12 mesi dal termine del periodo di garanzia, per una copertura totale (garanzia e contratto) di 24 mesi.

Durante il periodo di copertura di 24 mesi, le manutenzioni preventive e correttive della tecnologia offerta sono incluse, così come le spese di trasferta, manodopera e i ricambi, ad eccezione dei consumabili (in particolare le vials).

Durante il periodo di copertura di 24 mesi saranno inoltre garantiti eventuali aggiornamenti del software Quantasmart, se compatibili con l'hardware dello strumento.

Il servizio tecnico di Revvity è composto da tecnici dipendenti di Revvity Italia, in possesso di diploma tecnico o laurea, ed addestrati direttamente da casa madre. Ogni tecnico ha a disposizione un proprio inventario delle più comuni parti di ricambio per ridurre al minimo i tempi di intervento e risoluzione. I nostri tecnici sono dislocati su tutto il territorio italiano per garantire rapidità di intervento. Per l'assistenza tecnica sui contatori in scintillazione liquida, disponiamo di almeno 4 tecnici idonei. Generalmente, i nostri tecnici sono in grado di intervenire entro 5gg lavorativi dalla chiamata. La risoluzione di un eventuale guasto, nella

maggior parte dei casi, avviene al primo intervento grazie alla presenza delle più comuni parti di ricambio in inventario.

I nostri tecnici possiedono inoltre competenze tecniche tali da poter eseguire una prima formazione del vs personale ("familiarizzazione") contestualmente all'installazione del Tricarb 5110; in questa fase il tecnico illustrerà le caratteristiche hardware dello strumento e fornirà una prima formazione sullo strumento.

Revvity può inoltre garantire assistenza di tipo applicativo grazie alla disponibilità di Field Application Specialist: si tratta di persone come minimo laureate in discipline scientifiche con Dottorato di Ricerca, in grado di formare il personale dell'Ente sulle più svariate tecniche di rilevazione in scintillazione liquida e di fornire supporto applicativo in ogni momento da remoto (telefono/email).

Rimane valida la disponibilità di Supporto applicativo da remoto (email e telefono) per tutta la durata della vita dello strumento.

Parametri per il punteggio tecnico:

Caratteristiche	Descrizione
Protezione camera conteggio fondo	Tricarb 5110 dispone di altri sistemi per la riduzione del fondo, come meglio illustrati a pag. 3
Preconcentrazione dell'acqua da sottoporre ad analisi	Per conteggio Alfa e Beta totale si suggerisce, come da metodica, la concentrazione 10X del campione. Per conteggio di H-3 e Rn-222 non è necessaria preconcentrazione.
Correzione automatica per quenching	<p>Il Tricarb 5110 può utilizzare un sistema di correzione del quench che non prevede l'utilizzo di sorgenti esterne, chiamato SIS (Spectral Index of the Sample), che utilizza lo spettro dell'isotopo nel campione per monitorare il quench nella soluzione; il suo valore diminuisce all'aumentare del quench. È maggiormente efficace con campioni ad elevato conteggio.</p> <p>Tuttavia, per analisi di acque potabili, si raccomanda di utilizzare il metodo tSIE (transformed Spectral Index of the External Standard), che è calcolato dallo spettro Compton indotto nel cocktail di scintillazione da una sorgente esterna di Ba-133. Il valore di tSIE è indipendente dall'isotopo nel campione e dall'attività nella vial, oltre ad avere un ampio range dinamico, il che lo rende un indicatore estremamente accurato e riproducibile del quench. Vedere pag. 9</p>
Numero di campioni contenuti nel porta campioni automatico	TriCarb 5110 può alloggiare fino a 408 vials da 20 ml o 720 vials da 4 o 7 ml
Garanzia	Vengono forniti i 24 mesi di garanzia/contratto full risk richiesti da capitolato
Tempi di consegna	Circa 15 giorni lavorativi dall'aggiudicazione
Equipaggiamento	Viene fornito un carrello come descritto a pag. 5
Equipaggiamento	Viene fornito un UPS adeguato
Fornitura standard di taratura certificati	Non siamo in grado di fornire standard di taratura certificati

In riferimento alla caratteristica "Correzione automatica per quenching":

TriCarb 5110 viene fornito con una sorgente esterna di ^{133}Ba da 18 uCi, che consente la misura assoluta di attività e la verifica e misura sperimentale del quenching. Il sistema ha un doppio livello di correzione del livello di spegnimento del segnale (quench), basato sia su algoritmo esclusivo tSIS (transformed Spectral Index of Sample) sia tSIE (transformed Spectral Index of External Standard), tramite sorgente di standard esterno di Ba-133 di cui sarà munito. Il contatore può operare la correzione basandosi anche su metodi di analisi spettrale, quale Direct DPM. Le curve di quench vengono costruite automaticamente mediante conteggio di standards, e tutte le informazioni spettrali (intero spettro quindi) memorizzate nel sistema Spectrabase interno. Ogni campione sconosciuto viene sempre confrontato e correlato con gli spettri memorizzati, che costituiscono corredo di confronto. Il livello di quenching può essere valutato mediante valutazione "pesata" dello spettro del campione con l'esclusivo algoritmo tSIS (transformed Spectral Index of Sample) o mediante analisi di forma dello spettro prodotto, mediante effetto Compton, da una sorgente di Ba-133, posizionata (esclusivo) in posizione geometricamente centrata rispetto al fondo del campione. Questo algoritmo è denominato tSIE ed è da preferire per la misura di campioni ambientali. Con campioni ambientali, dove gli spettri accumulati sono bassi, se non quasi inesistenti, metodi basati sulla distribuzione della forma dello spettro del campione (sia tSIS che altri es. TDCR o Direct DPM) non garantiscono una sufficiente accuratezza e precisione e rendono assolutamente preferibili metodi basati sulla standardizzazione esterna.

Maggiori informazioni sono reperibili nelle specifiche allegate a fine relazione.

Tri-Carb 5110TR liquid scintillation counter

Description

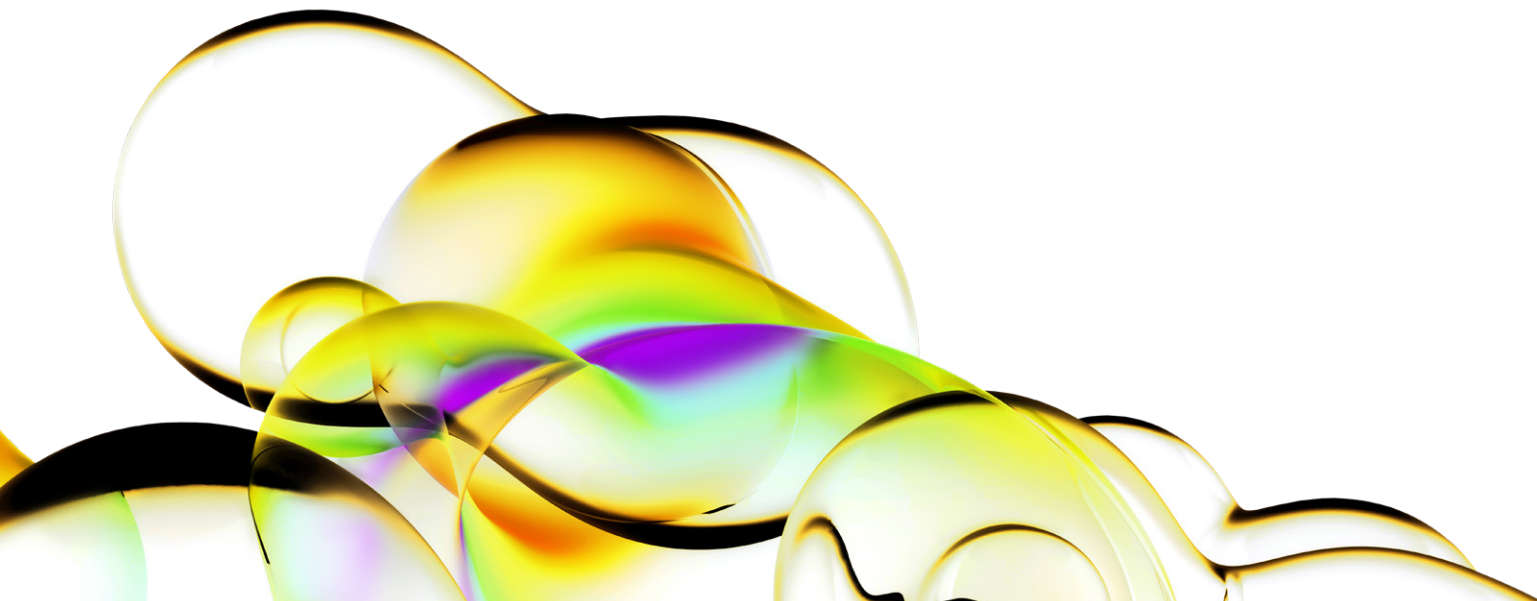
The Tri-Carb® 5110TR liquid scintillation counter is a fully loaded premium instrument capable of more accurately detecting Ultra Low Level counts in mixed and unknown samples using proprietary Dual Phase Separation and PSA Histogram technology.

Tri-Carb 5110TR



Exclusive standard features

- **TR-LSC (Time-resolved liquid scintillation counting)** for high sensitivity, low background liquid scintillation counting
- **Single/Dual labeled color-corrected DPM** to determine absolute activity level of the sample
- **QuantaSmart™ Software** a robust multitasking, easy networking environment with unlimited assays in a secure multiuser environment
- **Alpha-Beta Separation** for efficient separation of Alpha and Beta counts in mixed samples
- **PSA Histogram** provides higher resolution of Alpha-Beta separation with up to 90% reduction in time required to count alpha/beta standards compared to legacy method
- **Dual PSA Discriminator** further reduces isotope spillover and increases Quality Metric for maximum sensitivity and lowest MDA
- **Ultralow level count mode** increases system sensitivity (E^2/B)
- **PAC (Pulse Amplitude Comparison)** decreases the component of background produced by optical crosstalk
- **SpectraWorks 2** spectral analysis package that determines optimal counting regions, and calculates figure of merit automatically
- **Enhanced IPA (Instrument Performance Assessment)** database monitors efficiencies, backgrounds, E^2/B and Chi-square values for ^3H and ^{14}C over the life of the instrument



- **Replay** reanalyzes sample counts without recounting samples
- **Dynamic color correction** ensures accuracy of tracking lower energy sample spectra over a wide quench range
- **Auxiliary spectrum memory** stores rejected events for future analysis
- **Bi-directional sample conveyer** with a capacity of up to 408 (20 mL vials) or 720 (4 or 7 mL vials)
- **Varisette™** sample cassette for intermixing vial sizes without special adapters
- **Operational-status LED indicator** for clear assay status updates at a glance
- **133Ba Low energy external standard source and tSIE** (transformed Spectral Index of External standard) eliminates the need for repeat counting of the external standard and negates the effect of isotope on quench monitoring accuracy and precision
- **AEC (Automatic efficiency control)** corrects for differential quenching effects in multi-label samples. The low energy spectrum of the external standard ensures accurate tracking of ^3H , ^{14}C and other low energy sample spectra over a very wide quench range
- **Precount delay** permits dark adaptation of samples before counting
- **Coincidence resolving time** enables optimized counting for a variety of liquid, solid, or bead based scintillators

Additional standard features

- **Direct DPM** determines single-label DPM without the use of quench standards
- **Luminescence detection** flags percent luminescence to alert user of possible sample problems
- **Luminescence correction** adjusts for chemiluminescence interference
- **60 Quick count protocol flags** with the flexibility to define unlimited assays
- **Fold-away ergonomic arm** adaptable to enter data either sitting or standing
- **Built in computer** with Windows 10 Operating System
- **Date and time clock** provides real time display and time-stamped printouts; battery supported
- **Anti-jam recovery** protects samples, vials and the counting system from damage if obstructions occur
- **Automatic power-fail recovery** restarts counting when power is restored and the instrument has reinitialized itself
- **Positive sample identification** provides protocol number, cassette number, sample number, user-selectable printout and data file storage for the counting time and date on each sample
- **Multi-parameter linear multichannel analyzer (MCA)** offers an extended dynamic quench range and provides multi-parameter spectrum analysis to correct for luminescence, color quenching and background radiation
- **Spectral unfolding** separates and displays the individual radionuclide spectra of dual label samples in color analysis of sample spectrum (requires color-corrected dual label DPM option)
- **3D (three-dimensional) spectral mapping** displays in color the quench standard spectra together with the spectrum of the unknown for single label DPM counting (requires color-corrected dual label DPM option)
- **SpectraBase counting and data management system** provides counting and storing of complete spectra
- **Decay computations** automatically calculates decay corrected DPM values for commonly used radionuclides
- **Group PrioStat™ interrupt mode** prioritizes counting status and automatically restores the interrupted protocol
- **Background subtraction** calculated by sample, entered value or stored IPA background spectrum
- **SIS (Spectral index of sample)** determines counting efficiency by analysis of sample spectrum
- **Programmable single photon counting** enables luminescence assay counting with optimized signal-to-background ratios to overcome problems associated with excessive luminescence
- **Preset time and preset error coincidence termination** optimizes counting accuracy in three counting regions
- **Automatic spectrum plot** allows spectral documentation per sample
- **Sample screening** screens numeric fields on several criteria including background levels, a hard number or within a range of activities or values

- **Printed header** contains instrument serial number, user ID, and drive and path of all electronic stored data for GLP compliance
- **Password protection** prevents unwanted changes to saved assays
- **Half-life correction** adjusts for decay to any date and time
- **Unit conversion** activity can be reported in becquerels, microcuries, or picocuries
- **Auto QA (Automatic quality assurance)** automatically prints reports for backgrounds, efficiencies, E^2/B , and Chi-square values, results can be transmitted via RS-232 for archiving
- **Percent of standard** calculations compared to single, dual or triple label samples
- **Automatic processing** provides automatic, protocol specific data processing from count data to final results requiring no exporting of data to off board storage devices or computers
- **Independent output formatting** provides flexibility in customizable data reporting for each protocol. Electronic data can be saved to disk in ASCII, RTF, or Microsoft® Excel® compatible format
- **Computer-aided diagnostics** to verify all system functions
- **Sample worklist** enables entry, editing and review of work lists for each assay

Other options

- **Printer** ink jet or laser jet
- **Automatic 2D barcode reader** reads 2D barcodes to be used to create the sample work list (sample work list option required)
- **Instrument utility cart** functionally designed general purpose laboratory cart that supports any Revvity bench top system
- **Temperature control** maintains optimum conditions for a variety of samples
- **Enhanced security** providing 21CFR part 11 compatibility

Physical data	
Dimensions	Height: 18.5 in (47 cm) Width: 40.5 in (103 cm) Depth: 32 in (81 cm)
	with temperature control Height: 18.5 in (47 cm) Width: 40.5 in (103 cm) Depth: 44 in (112 cm)
Weight	477 lb (238 kg) Shipping weight approximately 700 lbs (318 kg)
	with temperature control 523 lb (238 kg)
Electrical requirements	100-240 Vac 50/60 HZ 3-prong grounded plug
Power consumption	<800 VA
Environmental	Operating ambient temperature 15 to 32 °C (59-90 °F)

Factory performance minimum	
Energy range	0-2,000 Kev
Efficiency normal count mode (Minimum acceptable)	³ H 0 - 18.6 keV 63%
	¹⁴ C 0 - 156 keV 95%
Observed background, normal count mode (Average)	³ H 0 - 18.6 keV 17 CPM
	¹⁴ C 0 - 156 keV 26 CPM
Figure of merit (E^2/B), normal count mode	³ H 1 - 18.6 keV 180
	¹⁴ C 4 - 156 keV 360
Figure of merit (E^2/B), Ultra low level count mode (ULLCM)	³ H 1 - 12.5 keV 500
	¹⁴ C 14.5 - 97.5 keV 940

Note: The efficiencies, backgrounds, and E^2/B values for the Normal Count Mode were determined using Revvity sealed large vial glass standards set P.N. 6008500 verified with NIST standard activity. The ULLCM values are determined using Revvity low level sealed large glass vial standards set P.N. 6018914 verified with NIST standard activity. No maximum is specified for background.

Safety, radiated emissions and immunity: The Tri-Carb 5110TR has been tested and approved for safety, radiated emissions and immunity according to the standards of UL, IEC61010 and CE.

In the U.S.A. the UL approval satisfies the requirements of 29CFR 1910.399.



revvity

Determination of the ^3H , gross α/β and ^{222}Rn activity concentration in drinking water with the Quantulus GCT 6220.

Author

Dr. Ronald Edler

Revvity, Inc.

Rodgau-Jügesheim, Germany

Introduction

The analysis of drinking water has been the focus of many laboratories throughout Europe since the publication of the European Council Directive 2013/51/Euratom.¹ While the determination of the activity of Tritium (^3H), Radon-222 (^{222}Rn) and gross α/β -activity has historically been routine in many laboratories, the drinking water directive contains updated recommendations for sampling rate, detection limits, and other parameters which have forced many labs to upgrade instrumentation and adjust their previous methods.

With this directive, gross α/β -measurements have once again become a measurement of interest. In many cases, the need for additional investigation can be avoided if the activity of the sample measures below 1 Bq/L for α -nuclides and below 0.1 Bq/L for β -nuclides. When the measured gross α/β -activity is below this threshold, it can be assumed that based on the average annual consumption of water, the annual delivered dose will be less than 0.1 mSv/a and therefore the drinking water does not pose a risk to health in terms of ingested radionuclides. Starting with gross α/β -measurements can potentially save laboratories time and hassle by avoiding other measurements based on time-consuming separation technology

While Tritium (^3H), Radon-222 (^{222}Rn) and Potassium-40 (^{40}K) are not nuclides that are included in the indicative dose of 0.1 mSv/a, the drinking water directive does include parametric values for both ^3H and ^{222}Rn . The requirements of increased sample number and more specific detection limits required by the directive have led many labs to upgrade to more sensitive instrumentation.



Council Directive 2013/51/Euratom does not give detailed information about the required instrumentation and methods - it only stipulates that the method must reach the defined detection limits (see Table 1). Other regulations also exist and provide more precise instructions regarding the determination of radionuclides in drinking water.

In this application note we demonstrate the suitability of the Quantulus™ GCT 6220 liquid scintillation counter (Figure 1) for the analysis of drinking water. Additional regulations and general norms for quality control and sampling were also utilized, including ISO 96982 for the measurement of Tritium, ISO 11704³ for the gross α/β , ISO 13164-4⁴ for the ^{222}Rn measurements, ISO/EC 17025⁵, ISO 5667-1⁶, ISO 5667-3⁷, and ISO 5667-14⁸. The determination of characteristic limits such as decision threshold and detection limits followed ISO 11929.⁹

Table 1: Requirements of council directive 2013/51/Euratom.

Nuclide	Max. activity	Limit Of Quantification (LOQ)
^3H	100.0	10.0
^{222}Rn	100.0	10.0
Gross α	0.1	0.004
Gross β	1.0	0.4



Figure 1: Quantulus GCT 6220 liquid scintillation counter.

Data collection and analysis

All measurements were obtained using Quantulus GCT 6220 (Revvity) at 15°C unless stated otherwise.

Ultima Gold™ LLT (Revvity, 6013371) was used as the scintillation cocktail for all ^3H and gross α/β -measurements,

and Ultima Gold F (Revvity, 6013171) was used for all ^{222}Rn measurements. Vials used in this study include: 20 mL super polyethylene vials (Revvity, 6001085), 20 mL Teflon coated polyethylene vials (Revvity, 6000477), and 20 mL glass vials with low potassium content (Revvity, 6000128).

The determination of the optimum PSA value for α/β -discrimination and efficiency were done with ^{90}Sr , ^{226}Ra and ^{241}Am standards from the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig (Germany). For the ^3H measurements, internal standards (Revvity, 6004052) with tritiated water were used. The exact mass of each standard was weighed with an analytical balance (model ME204T, Mettler-Toledo GmbH). The pH measurements were performed using a pH meter (model pH Bench F20 standard kit, Mettler Toledo GmbH), and calibrated with a 3-point calibration.

Tritium measurements

All Tritium measurements were done according to ISO 9698.² After distillation, 8 mL of the water sample was mixed with 12 mL of Ultima Gold LLT scintillation cocktail. The sample was then placed in the Quantulus GCT liquid scintillation counter for temperature equilibration. The sample measurement was performed at 15°C in the optimized counting window from 0.5-4.0 keV, three hours after the samples were initially placed inside the instrument. The optimized window was determined using the SpectraWorks 2 software, which allows loading of the spectra obtained from Tri-Carb® and/or Quantulus GCT 6220 systems and for the evaluation of the data.

Spiked water samples, received from the German Federal Institute of Hydrology, were measured to determine the accuracy of the instrument. Three different samples with activity levels of 9.3, 37.3 and 83.9 Bq/L of Tritium in water were measured and activity levels of 9.0, 36.1 and 82.1 Bq/L, respectively, were found (data not shown).

Table 2 shows results from background and standard samples which have been measured with a Tri-Carb 4910TR liquid scintillation counter in normal count mode and a Quantulus GCT in super low-level count mode (SLLCM), in normal count mode with GCT (Guard Compensation Technology) off (NCM GCT off), and in normal count mode with GCT High²⁴ (NCM GCT high). These results show that the correction, provided by the Quantulus GCT, significantly improves the figure of merit due to the very low background. Furthermore, the loss of efficiency of the former most sensitive SLLCM can be avoided when using the GCT high setting, which improves the background without loss of efficiency compared to the NCM with GCT deactivated.

Table 2: Sensitivity of the Quantulus GCT for the measurement of Tritium activity in different count modes..

Instrument	Count Mode	Efficiency (%)	Background (CPM)	Figure of Merit E^2/B
Tri-Carb 4910	NCM	25.7	1.91	346
Quantulus GCT	NCM GCT Off	23.6	1.00	557
Quantulus GCT	SLLCM	20.4	0.61	682
Quantulus GCT	NCM GCT High	23.6	0.21	2652

Table 3 shows the counting times, in different count modes, needed to reach the required detection limits. The measurement times for the required detection limits were determined according to ISO 11929 for a sample volume of 8 mL and values for $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = 1.645$. Here we see that improved sensitivity results in much lower counting times to reach the detection limit for Tritium of 10 Bq/L as required by the European Council Directive 2013/51/Euratom.¹ The counting time decreased from 33 minutes on the Tri-Carb 4910TR in NCM to just 8 minutes on the Quantulus GCT in NCM with the GCT high setting.

Table 3: Required counting time to reach a detection limit of 10 Bq/L of Tritium in different count modes on the Quantulus GCT and Tri-Carb 4910 liquid scintillation counters.

Instrument	Count Mode	Counting Time (min)
Tri-Carb 4910	NCM	33
Tri-Carb 4910	ULLCM	28
Quantulus GCT	NCM GCT Off	23
Quantulus GCT	SLLCM	20
Quantulus GCT	NCM GCT High	8

Radon-222 measurement

All ^{222}Rn measurements were done according to ISO 13164-4⁴, based on the extraction of radon with a water immiscible scintillation cocktail. In these experiments, Ultima Gold F was used as the scintillation cocktail.

To verify the extraction efficiency and counting efficiency, 10 mL of Ultima Gold F was added to a ^{226}Ra standard of known activity in 12 mL water, into either glass- or

Teflon-coated plastic vials. Care was taken to completely fill the vial to avoid the loss of ^{222}Rn into the gas phase. The vials were tightly closed and stored in an inverted position within a refrigerator for one month to reach equilibrium between ^{226}Ra and ^{222}Rn .

After a month, the samples containing Ultima Gold F were shaken for 30 seconds and stored inside the instrument for 3 hours. Measurements were carried out using either both α - and β -counting of ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Po , ^{214}Bi , and ^{214}Pb , or α -counting alone of ^{222}Rn , ^{218}Po and ^{214}Po using α/β discrimination. Typically, the exclusive use of the α -measurement leads to very low background values and often better performance. Here, α - and β -counting was done because GCT can be used to significantly reduce background signal to levels typical for α -counting, and in some cases even lower. The setting of the optimum pulse discriminator was obtained via measurements of ^{241}Am and ^{90}Sr standards in glass- and Teflon-coated scintillation vials. The optimum PSA level determined for plastic vials was 116 and for glass vials 150 (data not shown). A typical α -spectrum measured with α/β discrimination is shown in Figure 2.

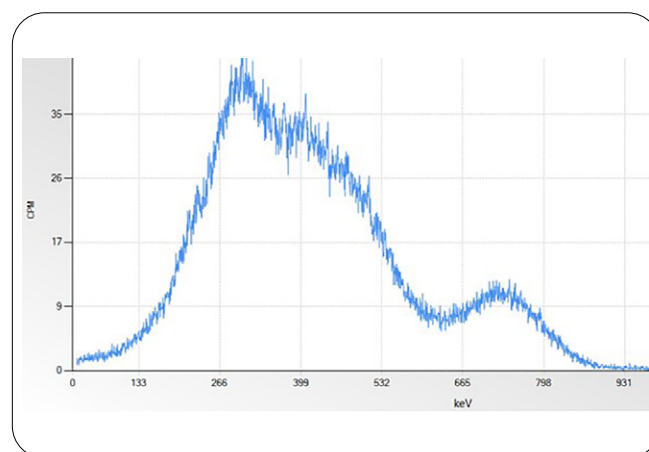


Figure 2: α -spectrum after extraction of ^{222}Rn from a standard sample with Ultima Gold F in glass vials.

Table 4 shows the results of the ^{222}Rn measurements in water. No significant difference in efficiency or background was observed between plastic and glass vials using α/β discrimination. The efficiency and background values noted were measured in the optimized energy window which was again determined using the SpectraWorks 2 software. Due to the much higher counting efficiency when counting all five nuclides and the reduction in background using GCT low setting, the overall performance was significantly better when avoiding α/β discrimination.

Due to the high counting efficiency and the low background, it was possible to reduce the counting time to reach the required detection limit of 10 Bq/L for ^{222}Rn to 0.25 minutes (data not shown). This detection limit was obtained with 12 mL water and $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = 1.645$.

Table 4: Sensitivity of the Quantulus GCT for ^{222}Rn measurements with and without α/β -discrimination.

Vial Type	Efficiency (%)	Background (CMP)	α/β Discrimination	Figure of Merit E^2/B
Plastic	186	0.8	Yes	160 – 650
Glass	183	0.8	Yes	145 – 840
Glass	180	0.8	Yes	145 – 840
Glass	264	0.5	No	20 – 840
Glass	275	0.5	No	20 – 840

Gross α/β -measurement

All gross α/β -measurements were done according to ISO 11704.³ Due to the low salt content of most drinking waters, sample volumes as large as 120 mL were feasible. The sample was acidified with nitric acid and concentrated to a final volume of 8 mL, with a pH of 1.8, and mixed with 12 mL Ultima Gold LLT in a plastic vial. As with ^{222}Rn measurements, reference standards ^{241}Am and ^{90}Sr were used to determine the optimum PSA value for the α/β -discrimination. For this, the standards were dissolved in 8 mL water, at a pH of 1.8, and mixed with 12 mL Ultima Gold LLT, just as the samples were. The optimum PSA value was determined to be 116 (data not shown).

The α -background was 0.53 CPM, with an efficiency of 97.8% in an energy window from 80-400 keV (data not shown). This counting window was selected to ensure that all possible α -emitters were within the chosen energy window. The maximum of the ^{241}Am peak (≈ 5.5 MeV) in these water samples appeared at approximately 200 keV. The β -background was 0.38 CPM and the counting efficiency was 91.7% in the energy window from 12-800 keV (data not shown). An upper level of 800 keV for the β -emitters ensures that all β -nuclides are within the energy window. The ^{90}Sr standard in equilibrium with ^{90}Y had a maximum energy of approximately 2.2 MeV and the spectral endpoint in these samples very close to 750 keV (data not shown).

An α -detection limit of 0.036 Bq/L and a β -detection limit of 0.032 Bq/L could be reached with 120 mL drinking water and $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = 1.645$ in 200 minutes counting time for both sample and background (data not shown).

Summary

The measurement of Tritium samples resulted in very high values for the figure of merit and very short counting times. This shows that the Quantulus GCT with GCT high setting is a suitable instrument for all water samples containing very low levels of Tritium. The measurements of ^{222}Rn samples using GCT low setting indicates that measurements without α/β -discrimination will give a much better performance compared to samples using α/β -discrimination. The gross α/β -measurements showed very good performance, especially for the gross β -measurement, due to very low background in the β -channel when using GCT low setting. The patented Guard Compensation Technology (GCT) proved to be an excellent tool for ^3H , ^{222}Rn , and gross β -measurements resulting in very low background values and high sensitivities for the analysis of drinking water. Overall, GCT is a very suitable tool for low-level applications and can significantly reduce the counting time compared to traditional instruments.

References

1. Council Directive 2013/51/Euratom of 22 October 2013 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:296:0012:0021:EN:PDF>.
2. ISO 9698:2010(E), Water quality – Determination of tritium activity concentration – Liquid scintillation counting method.
3. DIN EN ISO 11704:2015-03, Water quality – Measurement of gross alpha and beta activity concentration in non-saline water – German version FprEN ISO 11704:2015.
4. ISO 13164-4:2015(E), Water quality – Radon-222 – Part 4: Test method using two-phase liquid scintillation counting.
5. ISO/IEC 17025:2005-05, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
6. ISO 5667-1:2006, Water quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programs and sampling techniques.

7. ISO 5667-3:2012, Water quality – Sampling – Part 3: Preservation and handling of water samples.
8. FprEN ISO 5667-14:2016, Water quality – Sampling – Part 14: Guidance on quality assurance and quality control of environmental water sampling and handling.
9. ISO 11929:2010, Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application.
10. Belanová A, Merešova J, Vrškova M (2009) In: Eikenberg J, Jäggi M, Beer H (eds) *Advances in Liquid Scintillation Spectrometry, Proceedings of the 2008 International Liquid Scintillation Conference Davos, Switzerland, Determination of Natural Radionuclides in Water from Slovakia Using LSC*, 71-76.
11. Landstetter C, Katzlberger C (2006) In: Chalupnik S, Schönhofer F, Noakes J (eds) *Advances in Liquid Scintillation Spectrometry, Proceedings of the 2005 International Liquid Scintillation Conference Katowice, Poland, Rapid Method for Determining Natural Radionuclides in Drinking Water*, 181 – 189.
12. Landstetter C, Katzlberger C (2010) In: Cassette P (ed) *Advances in Liquid Scintillation Spectrometry, Proceedings of the 2010 International Conference on Advances in Liquid Scintillation Spectrometry Paris, France, Relevant Radionuclides for the Calculation of the Total Dose in Austrian Drinking Water*, 73-79.
13. Top G, Algin E (2009), *Tritium Measurements in Drinking Water in Eskisehir*, *Balkan Physics Letters* 16:161019.
14. Chmielewska I, Chalupnik S, Michalik B (2010) In: Cassette P (ed) *Advances in Liquid Scintillation Spectrometry, Proceedings of the International Conference on Advances in Liquid Scintillation Spectrometry, Methods for Determination of Natural Radioactivity in Drinking Water Samples*, 107-113.
15. Lopes I, Madruga M J, Carvalho F P (2002) Development and Application of Liquid Scintillation Counting Technique to Gross Alpha, Gross Beta and Radon Measurements in Waters, ITN, Department of Radiological Protection and Nuclear Safety, ITN Annual Report. <http://www.itn.pt/docum/relac/2002/dprsn.pdf>.
16. Cfarku F, Bylyku E, Daci B (2010) Gross Alpha/Beta Measurements in Drinking Water Samples Using Different Methods. *J Int Environ Appl Sci* 5:287-290.
17. Hamzah Z, Alias M, Ishak A K, Saat A (2011) Assessment of Liquid Scintillation Technique for Measurement of Gross Alpha and Gross Beta in Aqueous Environmental Samples, 3rd International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering. *IPCBE* 20:71-74 <http://www.ipcbee.com/vol20/13-ICBEE2011E10016.pdf>.
18. Abdellah W M (2013) Optimization Method to Determine Gross Alpha-Beta in Water Samples Using Liquid Scintillation Counter. *J Water Resource Prot* 5:900-905.
19. Salonen L (2010) Calibration of the direct LSC method for radon in drinking water: Interference from ^{210}Pb and its progenies accumulated in ^{226}Ra standard solution. *Appl Radiat Isot* 68:131-138.
20. Dias F F, Taddei M H T (2009) Rn-222 Determination in Drinking Water Samples in a Region with Elevated Natural Radioactivity in Brazil: Comparison Between Liquid Scintillation Counting and Gamma Spectrometry. *TERRÆ* 6:72-76.
21. Schubert M, Kopitz J, Chalupnik S (2014) Sample volume optimization for radon-in-water detection by liquid scintillation counting. *J Environ Radioact* 134:109-113.
22. Pates J M, Mullinger N J (2007) Determination of ^{222}Rn in fresh water: development of a robust method of analysis by a/b separation liquid scintillation spectrometry. *Appl. Radiat. Isot.* 65:92-103.
23. Lopes I, Madruga M J, Carvalho F P (2002) Development and Application of Liquid Scintillation Counting Technique to Gross Alpha, Gross Beta and Radon Measurements in Waters, ITN, Department of Radiological Protection and Nuclear Safety, ITN Annual Report. <http://www.itn.pt/docum/relac/2002/dprsn.pdf>.
24. Harazin R R (2016) United States Patent, Patent No.: US 9,297,909 B2.



revvity