



**PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI ENERGI
RADIASI GAMMA DENGAN MENGGUNAKAN
DETEKTOR SINTILASI NaI(Tl)**

OLEH

**JAMRUD AMINUDDIN
H 211 96 006**

24 - 9 - 2001
Fak. MIPA
1 eks
010924.163
156184



*Skripsi ini untuk melengkapi tugas dan memenuhi
Syarat untuk memperoleh gelar sarjana*

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2001

PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI ENERGI
RADIASI GAMMA DENGAN MENGGUNAKAN
DETEKTOR SINTILASI NaI(Tl)



O L E H

JAMRUD AMINUDDIN
H 211 96 006

Disetujui oleh
Pembimbing Utama

(DR. Nurlaela Rauf, M. Sc.)
Nip. 131 570 877

Pembimbing Pertama

(Bualkar Abdullah, M. Eng. Sc.)
Nip. 130 675 572

Makassar, 11 Juni 2001



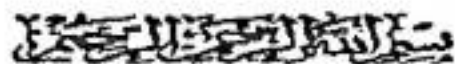
Untukmu Kampus Merah.... UNHAS

Dengan segenap kerendahan hati untuk berbagi dan merundingkan titik temu kebersamaan, dariku yang penuh kelemahan di hadapan Maha Pencipta, aku yang senantiasa mengharapkan petunjuk dan ampunanNya, menyusun skripsi ini dengan judul **PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI ENERGI RADIASI GAMMA DENGAN MENGGUNAKAN DETEKTOR SINTILASI NaI(Tl)**. Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar **Sarjana Sains (S.Si)** di Jurusan Fisika Fakultas MIPA UNHAS. Semoga Generasi Bahari yang menjadi citra Almamater senantiasa terpatri dalam hatiku. Jiwa Hasanuddin sebagai ayam jantan dari timur yang engkau tanamkandalam hatiku senantiasa siap menantang arus dan ombak globalisasi, bagai Pinisi ditengah samudra luas.

Makassar, 11 Juni 2001

JAMRUD

PENGANTAR DAN UCAPAN TERIMA KASIH



Assalamu alaikum Wr. Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya yang telah dilimpahkan kepada penulis, serta shalawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad SAW sebagai pembawa risalah kebenaran ke muka bumi yang akan berlaku sepanjang masa. Semoga ajaran kebenaran yang diturunkan Allah melalui Rasulnya tercurah kepada kita semua, *Amin*.

Maksud penulisan skripsi yang berjudul **PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI ENERGI RADIASI GAMMA DENGAN MENGGUNAKAN DETEKTOR SINTILASI NaI(Tl)** adalah untuk menambah khasanah ilmu pengetahuan bagi penulis dan menjadi syarat pemenuhan tugas akhir dalam rangka penyelesaian studi untuk memperoleh gelar **Sarjana Sains** di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar.

Menjadi kesyukuran bagi penulis karena bagaimanapun beragamnya masalah yang dihadapi dalam penulisan skripsi ini, tetapi senantiasa banyak pihak yang berupaya membantu untuk mengurangi dan mengatasi. Untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:



- Ibu DR. Nurlaela Rauf, M.Sc dan Bapak Bualkar Abdullah, M. Eng. Sc, selaku pembimbing utama dan pembimbing pertama yang dengan rasa tulus ikhlas memberi semangat dan bimbingan kepada penulis.
- Bapak Lantu, M. Eng. Sc. DEES selaku penasehat akademik yang senantiasa memotifasi penulis selama menjalani perkuliahan.
- Bapak Muh. Altin Massinai, M.Tsurv dan Bapak Sakka, M.Si selaku ketua jurusan dan sekretaris jurusan Fisika FMIPA UNHAS.
- Bapak-bapak dan Ibu-ibu Penguji : Bapak Bansawang, M.Si, Paulus Lobo, M.Sc, Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc, dan Ibu DR. Sri Suryani Sumah, DEA, DR. Nurlaela Rauf, M.Sc.
- Pengelola PUSDIKLAT BATAN Jakarta yang telah memberi fasilitas untuk penelitian Bapak Ir. Sudarmadi, M.Sc (Kepala PUSDIKLAT BATAN), Yosef Sassung (Kabid Penyelenggara), Widodo (Pembimbing).
- Rekan-rekan seperjuangan angkatan 96 yang senantiasa berbagi suka dan duka yakni saudara(i): Khalid, Azwar, Syukur, Tikno, Darwis, Kahar, Hatta, Omes, Fatma, Niar, Dharna, mustafa, Ana, marnich, Dedi, Mamat, Mamik, Linda, Lina, Opi, Uceng, Ancha, Taju, Daus, Ati, Viktor, Arthur, Jane, Alam, Wiwi, Iccank, Edo, Iki, Adi, Phiank, Boy, Awang, Wayan, Atman dan Mas Arif.
- Mahasiswa Fisika Indonesia : Viktor UNPAD, Rahmat IPB, Sembi USU, Cici UNPAD, Hasan UNPAD, Eko IPB, Asmoro UNAIR, Shinta UNSRI, Alif UGM, Try ITS, Citra UNDIP, Zakia ITB, Yogi UI, yang senantiasa bertukar informasi dengan penulis.

- Adik-adik yang biasanya penulis berikan hiburan rohani yakni adik: Supiyat, Syamsul, Kandar, Ansar, Hamka, Uni, Mei, Husna, Rahma, Arni, Elsy, Imo, Ikus, Novert, serta seluruh warga HIMAFI FMIPA UNHAS.
- Terkhusus buat Zakia Lutfiyani Fisika ITB-Bandung yang senantiasa memotopasi dan mendoakan penulis hingga rampungnya skripsi ini.
- Teristimewa kepada orang tua penulis ayahanda Drs. Aminuddin P, Ibunda Sohra (almarhumah), Ibunda Dahlia, Kakak Drs. Muhammad Yusuf, dan Kakak Nurnaningsih (almarhumah) yang telah mengasuh dan membesarkan. Juga buat adik Jasrial, Muh. Arasy, Musdalifah, Marliyanti, Zakiyyah, yang senantiasa bercanda dan bermain dengan penulis.

Sebagai bagian dari suatu perjalanan yang sangat panjang penulis menyadari keterbatasan dalam hal perbendaharaan ilmu maupun pengalaman untuk menulis skripsi ini. Olehnya itu dengan segenap kerendahan hati untuk berbagi dan merundingkan titik temu kebersamaan, penulis mengharapkan sumbang saran dan kritikan yang sifatnya kreatif dan inovatif untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga memberikan kontribusi terhadap kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi serta bernilai ibadah yang mendapat imbalan berupa keridhaan di sisi Allah SWT.

*Wabillahi taufik Wal Hidayah
Wassalamu alaikum Wr. Wb*

Penulis

ABSTRACT

Research the characteristics of gamma (γ) radiation energy on several radioactive nuclides has been conducted, with nuclear spectroscopy system by using an NaI(Tl) scintillation detector. The results show that each radioactive nuclide has a unique spectrum in accordance with the energy level of gamma (γ) radiation.

Keywords: nuclide, gamma radiation, NaI(Tl)

SARI BACAAN

Telah dilakukan penelitian tentang karakteristik energi radiasi gamma (γ) terhadap beberapa nuklida radioaktif, dengan sistem spektroskopi nuklir menggunakan detektor sintilasi NaI(Tl). Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap nuklida radioaktif mempunyai bentuk spektrum yang unik sesuai tingkat energi radiasi gamma (γ) yang dipancarkan.

Kata kunci: nuklida , radiasi gamma, NaI(Tl)

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PENGANTAR DAN UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAC	vii
SARI BACAAN	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup Penelitian	2
I.3 Tujuan Penelitian	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 Struktur Atom Dan Inti Nuklida.....	3
II.2 Jenis Peluruhan	4
II.3.1 Peluruhan Alpha (α)	5
II.3.2 Peluruhan Betha (β)	6
II.3.3 Peluruhan Gamma (γ)	7
II.3 Hukum Peluruhan	8
II.4 Aktivitas Radiasi Dan Satuannya	9
II.5 Aktivitas Jenis	12
II.6 Interaksi Sinar Gamma (γ) Dengan Materi	12
II.7.1 Efek Fotolistrik	13
II.7.2 Hamburan Compton	15

	II.7.3	Produksi Pasangan	16
II.7		Sistem Pengukuran Radiasi	17
	II.7.1	Detektor Sintilasi NaI(Tl)... ..	18
	II.7.2	Tabung Photomultiplier.....	20
II.8		Sistem Spektroskopi Nuklir	22
	II.8.1	Efisiensi Sistem	23
	II.8.2	Waktu Mati	24
	II.8.3	Kalibrasi Energi	25
	II.8.4	Resolusi Sistem	26
BAB III.		M E T O D O L O G I	27
	III.1	Peralatan Dan Bahan Penelitian	27
	III.2	Metode Pengambilan Data	29
	III.3	Bagan Alur Kerja	33
BAB IV		H A S I L D A N B A H A S A N	34
	IV.1	Pengaruh Energi Terhadap Perubahan Tegangan	34
	IV.2	Pengaruh Tegangan Terhadap Posisi Puncak Energi	35
	IV.3	Karakteristik Sistem Spektroskopi	37
	IV.4	Energi Radiasi Gamma	38
	IV.5	Unsur Yang Belum Diketahui (<i>Unknown</i>)	39
BAB V		S I M P U L A N D A N S A R A N	42
	V.1	Simpulan	42
	V.2	Saran	42
		DAFTAR PUSTAKA	43
		LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1: Kurva stabilitas dan lokasi nuklida tidak stabil pada diagram N-Z.....	5
Gambar II.2: Aktivitas radiasi sebagai fungsi dari waktu	9
Gambar II.3: Skema peluruhan	11
Gambar II.4: Efek fotolistrik	14
Gambar II.5: Hamburan Compton	15
Gambar II.6: Produksi pasangan	16
Gambar II.7: Pita energi pada kristal sintilator	19
Gambar II.8: Tabung photomultiplier	21
Gambar II.9: Kurva kalibrasi	25
Gambar III.1: Bagan instrumen nuklir	29
Gambar III.2: Bagan Alur Kerja	33
Gambar IV.1: Grafik Energi-Vs-Tegangan	35
Gambar IV.2: Grafik Tegangan-Vs-Puncak Energi	36

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III.1: <i>Mixed Radiation Source</i>	31
Tabel IV.1: Pengaruh energi terhadap perubahan tegangan	34
Tabel IV.2: Pengaruh tegangan terhadap posisi puncak energi	35
Tabel IV.3: Energi nuklida radioaktif	38

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A : SPEKTRUM HASIL KALIBRASI
- LAMPIRAN B : SPEKTRUM NUKLIDA RADIOAKTIF
- LAMPIRAN C : ATOMIC DATA AND NUCLEAR DATA TABLES
➤ PART I. VOL.29.NO.1, JULY 1983.
➤ PART II. VOL.29.NO.1. SEPTEMBER 1983.
- LAMPIRAN D: FOTO-FOTO

BAB I PENDAHULUAN



Maka pernahkah kamu melihat orang yang menjadikan hawa nafsunya sebagai Tuhannya dan Allah membiarkannya sesat berdasarkan ilmu-Nya dan Allah telah mengunci mati pendengaran dan hatinya dan meletakkan tutupan atas penglihatannya? Maka siapakah yang akan memberinya petunjuk sesudah Allah (membiarkan sesat). Maka mengapa kamu tidak mengambil pelajaran? (Q.S. Al Jaatsiyah ayat 23)

L1	Latar Belakang	1
L2	Ruang Lingkup	2
L3	Tujuan	2

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Radiasi merupakan salah satu bentuk perpindahan energi dari sumber energi ke lingkungan tanpa membutuhkan medium atau bahan penghantar tertentu. Sesuai dengan tingkat energi yang dipancarkan, radiasi dapat dibedakan menjadi radiasi pengion dan radiasi bukan pengion.

Radiasi bukan pengion memancarkan radiasi dengan tingkat energi relatif rendah sehingga tidak mampu mengionisasi medium yang dilaluinya. Radiasi jenis ini biasanya merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang lebih kecil dari 1×10^{-9} meter, misalnya: radio, mikrowave, dan cahaya tampak. Sebaliknya radiasi pengion, memancarkan radiasi dengan tingkat energi relatif tinggi dan sudah mampu mengionisasi medium yang dilaluinya. Radiasi jenis ini dapat berupa gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang lebih besar 1×10^{-9} meter, ataupun partikel yang berasal dari transformasi inti atom, misalnya: sinar-X, sinar gamma (γ), partikel alpha (α), dan partikel betha (β).²⁾

Energi nuklir yang dipancarkan secara radiasi memiliki beberapa sifat yang khas, yaitu tidak dapat dirasakan secara langsung oleh panca indra manusia dan beberapa jenis radiasi dapat menembus berbagai jenis bahan.

I.2 Ruang Lingkup Penelitian

Sebagaimana sifatnya yang tidak dapat dirasakan sama sekali oleh panca indera manusia, maka untuk menentukan ada atau tidaknya radiasi diperlukan suatu alat untuk dapat melakukan pengukuran radiasi. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran energi radiasi gamma (γ) nuklida radioaktif Cs-137, Ba-133, Co-60, Na-22 dan isotop unsur yang belum diketahui (*unknown*). Alat yang digunakan adalah sistem spektroskopi nuklir dengan menggunakan detektor sintilasi NaI(Tl).

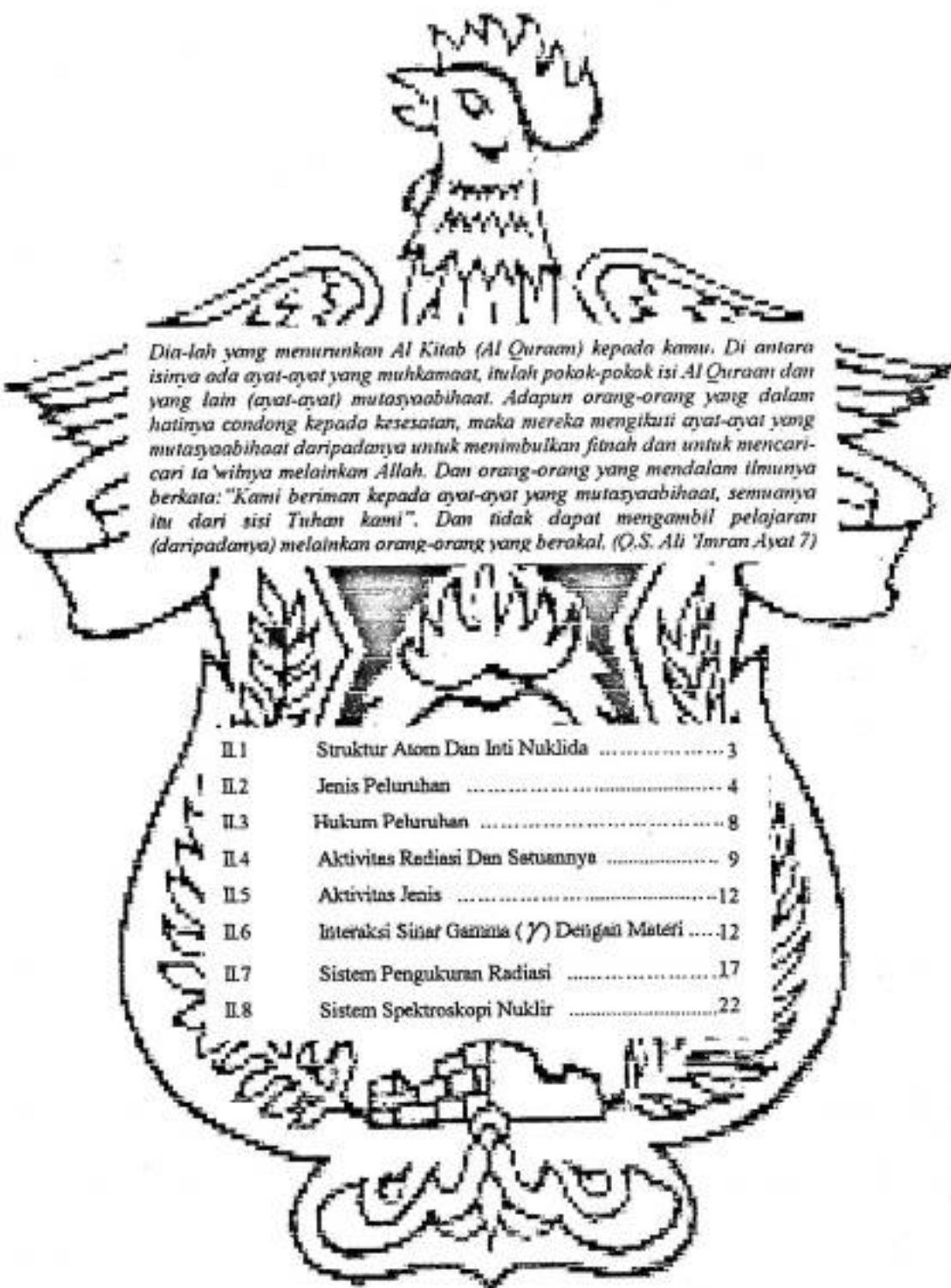
I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mempelajari fungsi/cara kerja sistem spektroskopi nuklir yang menggunakan detektor sintilasi NaI(Tl).
2. Mengukur energi radiasi gamma (γ) dari nuklida radioaktif Cs-137, Ba-133, Co-60, Na-22, dan isotop unsur yang belum diketahui (*unknown*).
3. Menentukan isotop unsur yang belum diketahui (*unknown*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



Dia-lah yang menurunkan Al Kitab (Al Qur'an) kepada kamu. Di antara isinya ada ayat-ayat yang muhkamaat, itulah pokok-pokok isi Al Qur'an dan yang lain (ayat-ayat) mutasyabihat. Adapun orang-orang yang dalam hatinya condong kepada kesesatan, maka mereka mengikuti ayat-ayat yang mutasyabihat daripadanya untuk menimbulkan fitnah dan untuk mencari ta'wibnya melainkan Allah. Dan orang-orang yang mendalam ilmunya berkata: "Kami beriman kepada ayat-ayat yang mutasyabihat, semuanya itu dari sisi Tuhan kami". Dan tidak dapat mengambil pelajaran (daripadanya) melainkan orang-orang yang berakal. (Q.S. Ali 'Imran Ayat 7)

II.1	Struktur Atom Dan Inti Nuklida	3
II.2	Jenis Peluruhan	4
II.3	Hukum Peluruhan	8
II.4	Aktivitas Radiasi Dan Setuannya	9
II.5	Aktivitas Jenis	12
II.6	Interaksi Sinar Gamma (γ) Dengan Materi	12
II.7	Sistem Pengukuran Radiasi	17
II.8	Sistem Spektroskopi Nuklir	22

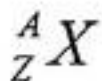
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Struktur Atom Dan Inti Nuklida

Atom adalah bagian dari materi yang memiliki sifat dasar materi tersebut. Suatu atom mempunyai inti yang memiliki massa terbesar, dan hampir semua inti atom tersusun dari dua jenis partikel yang disebut proton dan neutron. Atom dibedakan berdasarkan jenis unsur sesuai dengan simbol kimia pada sistem priodik unsur-unsur. ¹⁾

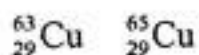
Gabungan dari nukleon-nukleon tertentu yang merupakan inti atom unsur tertentu disebut nuklida. Atom dan nuklida dibedakan sesuai dengan lambang kimianya (nama unsur kimianya). Salah satu cara untuk menyatakan simbol atom dan nuklida adalah sebagai berikut: ¹⁾



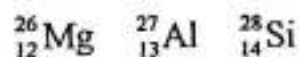
- A = nomor massa atom atau nuklida, yang menyatakan jumlah proton dan neutron dalam inti atom.
- Z = nomor atom nuklida yang menyatakan jumlah proton dalam inti atom yang netral (tidak bermuatan listrik), dan sama dengan jumlah elektron mengitari inti atom.
- X = lambang kimia unsur.

Sekalipun lambang kimia unsur dibedakan dengan nomor atomnya, tetapi suatu unsur dapat memiliki atom-atom dengan massa yang berbeda. Dari sini timbul pengertian :

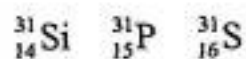
- Isotop, yaitu nuklida-nuklida dengan nomor atom sama tetapi berbeda nomor massanya. Isotop-isotop memiliki jumlah proton yang sama dalam intinya tetapi berbeda jumlah neutronnya, seperti:



- Isoton, adalah nuklida-nuklida dengan jumlah neutron (N) yang sama tetapi berbeda nomor atomnya, seperti:

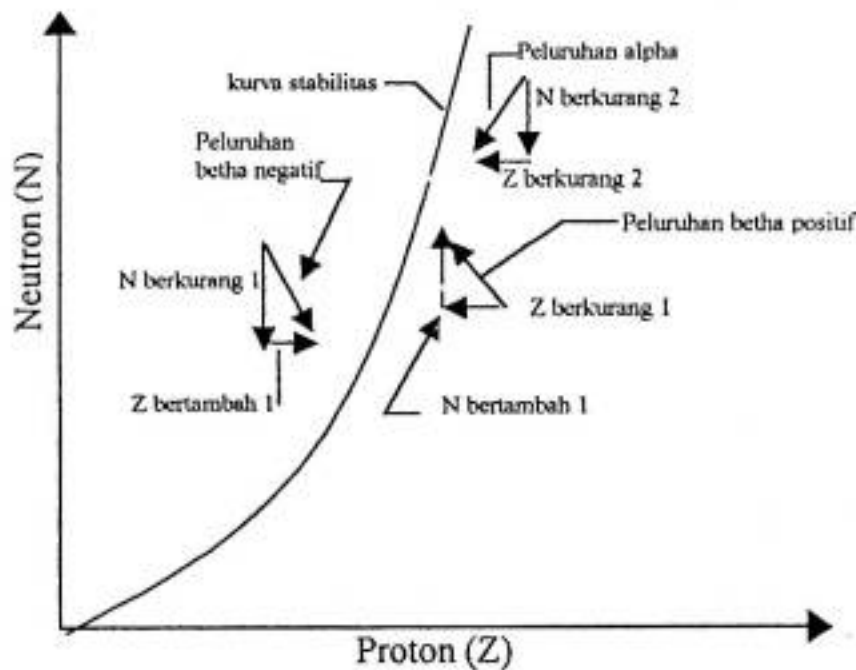


- Isobar, adalah nuklida-nuklida dengan nomor massa (A) yang sama tetapi berbeda nomor atomnya (Z), seperti:



II.2 Jenis Peluruhan

Nuklida-nuklida tidak stabil baik yang terdapat di alam maupun yang diproduksi melalui proses pembuatan (Gambar II.1), akan melakukan peluruhan untuk menuju pada lokasi stabilitas nuklida dengan memancarkan sinar-sinar radioaktif, sehingga dinamakan pula nuklida radioaktif. Jika dilihat dari lokasi nuklida tidak stabil dalam diagram N-Z dan jenis sinar radioaktif yang dipancarkan, dikenal tiga macam peluruhan. ⁵⁾

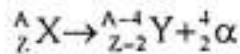


Gambar II.1 Kurva stabilitas dan lokasi nuklida tidak stabil pada diagram N-Z

II.2.1 Peluruhan Alpha (α)

Pada peluruhan alpha (α) dipancarkan sinar alpha (α) yang terdiri dari partikel alpha (α) yaitu partikel bermuatan listrik positif yang terbentuk di dalam inti atom dan terdiri dari dua proton dan dua neutron. Oleh karena partikel alpha (α) memiliki sifat-sifat yang sama dengan inti Helium maka secara simbolik dinyatakan ${}^4_2\text{He}$. Nuklida radioaktif yang melakukan peluruhan alpha (α) akan kehilangan dua proton dan dua neutron dan membentuk nuklida baru. Apabila nuklida radioaktif sebelum melakukan peluruhan alpha (α) secara simbolik dinyatakan dengan ${}^A_Z\text{X}$, maka setelah melakukan peluruhan alpha (α) nuklida tersebut menjadi nuklida baru yang secara simbolik dinyatakan dengan ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$.

Peristiwa peluruhan alpha (α) ini dapat dituliskan secara simbolik melalui reaksi inti sebagai berikut:



Apabila peristiwa peluruhan alpha (α) ini ditelaah melalui diagram N-Z, maka lokasi nuklida baru ini di dalam diagram N-Z dua satuan ke kiri dan dua satuan ke bawah menuju pada kurva stabil nuklida sesuai dengan perubahan harga N/Z nuklida tersebut. Jadi dari nuklida radioaktif yang berada di bawah garis stabilitas nuklida, melalui peluruhan alpha (α) dimungkinkan terbentuk nuklida stabil.³⁾

II.2.2 Peluruhan Beta (β)

Pada peluruhan beta (β), dari inti atom dipancarkan sinar beta (β). Dapat dibedakan dua macam sinar beta (β), yaitu sinar beta negatif (β^-) terdiri dari partikel beta negatif (β^-) yang sifatnya sama dengan elektron dan sinar beta positif (β^+) yang massanya sama dengan elektron tetapi bermuatan listrik positif sebesar muatan elektron. Partikel beta negatif (β^-) secara simbolik dinyatakan sebagai ${}_{-1}^0e$ dan partikel positif (β^+) secara simbolik dinyatakan sebagai ${}_{+1}^0e$.

Peluruhan beta (β) dapat dituliskan melalui reaksi inti sebagai berikut:

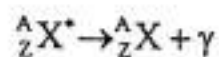


Apabila peluruhan betha (β^-) ditelaah melalui diagram N-Z, lokasi peluruhan betha negatif (β^-) dari nuklida baru bergeser satu satuan ke bawah dan satu satuan ke kanan dan pada peluruhan positif (β^+) lokasi nuklida baru bergeser satu satuan ke kiri dan satu satuan ke atas.³⁾

II.2.3 Peluruhan Gamma (γ)

Peluruhan gamma (γ) memancarkan sinar gamma (γ) yang merupakan radiasi elektromagnetik. Peluruhan terjadi pada nuklida yang berada dalam keadaan tereksitasi yaitu nuklida yang memiliki tingkat energi di atas tingkat terendahnya (tingkat dasar atau *ground state*). Tingkat energi dasar adalah energi ikat total dari nuklida stabil.⁷⁾

Untuk mencapai tingkat energi dasar atau keadaan stabil dilakukan pelepasan energi melalui peluruhan gamma (γ). Namun pada diagram N-Z tidak terjadi perubahan letak nuklida, karena tidak terjadi perubahan jumlah proton atau jumlah neutron melainkan hanya perubahan energi. Maka nuklida radioaktif yang melakukan peluruhan gamma (γ) dapat ditulis secara simbolik melalui persamaan reaksi inti sebagai berikut:³⁾



II.3 Hukum Peluruhan

Peluruhan radioaktif memenuhi hukum eksponensial atau dikenal dengan hukum peluruhan. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan mengasumsikan bahwa peluruhan bukan merupakan kejadian yang berlangsung serentak atau bersamaan melainkan dianggap sebagai peristiwa statistik. Berdasarkan sifat statistik, apabila ada sejumlah N nuklida tidak mungkin dapat diramalkan nuklida mana yang dapat meluruh pada detik berikutnya. Mengingat kebolehjadian terjadinya peluruhan dari setiap nuklida radioaktif dalam waktu dt adalah: ⁸⁾

$$\lambda dt$$

Lamda (λ) ialah suatu konstanta yang disebut konstanta peluruhan. Apabila N adalah jumlah nuklida yang belum meluruh pada suatu saat, dan dN adalah jumlah nuklida yang akan meluruh dalam waktu dt maka dapat dituliskan:

$$dN = -\lambda dt N$$

Bila diintegrasikan akan diperoleh persamaan:

$$N_{(t)} = N_0 e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (II.1)$$

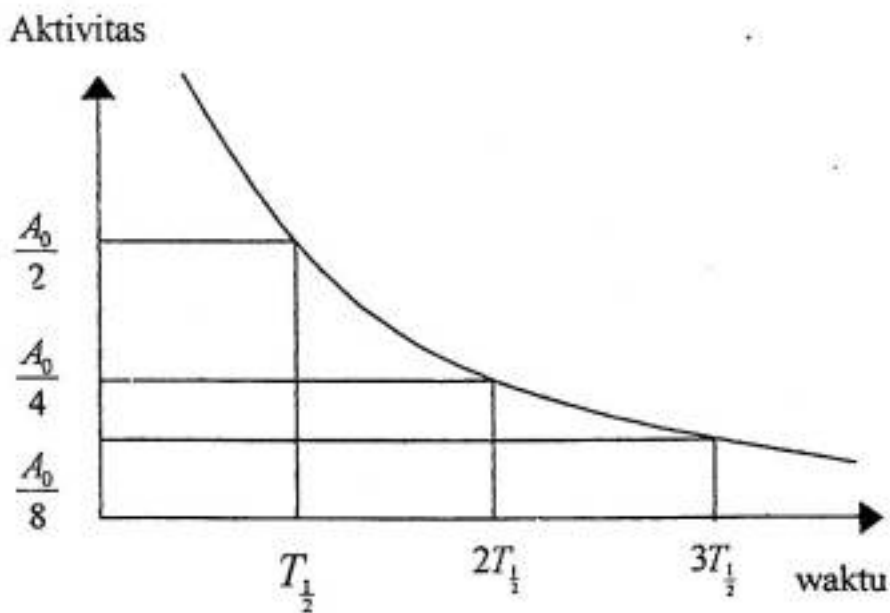
- dengan: N_0 = jumlah nuklida radioaktif pada saat diproduksi ($t = 0$)
 $N_{(t)}$ = jumlah nuklida radioaktif pada saat pengamatan (t)

II.4 Aktivitas Radiasi Dan Satuannya

Aktivitas radiasi adalah besaran yang menyatakan jumlah peluruhan yang terjadi setiap detik. Secara simbolik aktivitas radiasi biasa dinyatakan dengan A . Bila diasumsikan bahwa dalam suatu peluruhan bersifat acak dan pada saat peluruhan tidak ada isotop yang tercipta, maka secara matematik dapat dituliskan: ⁸⁾

$$A_{(t)} = A_0 e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (II.2)$$

Persamaan ini menyatakan bahwa aktivitas radiasi berkurang secara eksponensial dengan waktu seperti pada Gambar II.2. ⁸⁾



Gambar II.2 Aktivitas radiasi sebagai fungsi dari waktu

Besaran yang disebut waktu paruh, yaitu interval waktu yang dibutuhkan sedemikian rupa sehingga aktivitas radiasi berkurang dengan separuhnya. Waktu paruh secara simbolik dituliskan dengan $T_{1/2}$. Waktu paruh dapat diketahui dengan persamaan:

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} \dots\dots\dots(11.3)$$

Sejak tahun 1976 dalam sistem satuan internasional (SI) aktivitas radiasi dinyatakan dalam satuan Becquerel (Bq) yang didefinisikan sebagai:

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ peluruhan per detik}$$

Sebelum itu digunakan satuan Curie (Ci) untuk menyatakan aktivitas radiasi yang didefinisikan sebagai:

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ peluruhan per detik}$$

Mengingat satuan Becquerel relatif baru, sedangkan satuan Curie sudah cukup lama digunakan, sedang dalam kenyataan satuan tersebut pada masa peralihan ini masih digunakan. Sehingga dalam penggunaannya hubungan antara kedua satuan ini ialah:

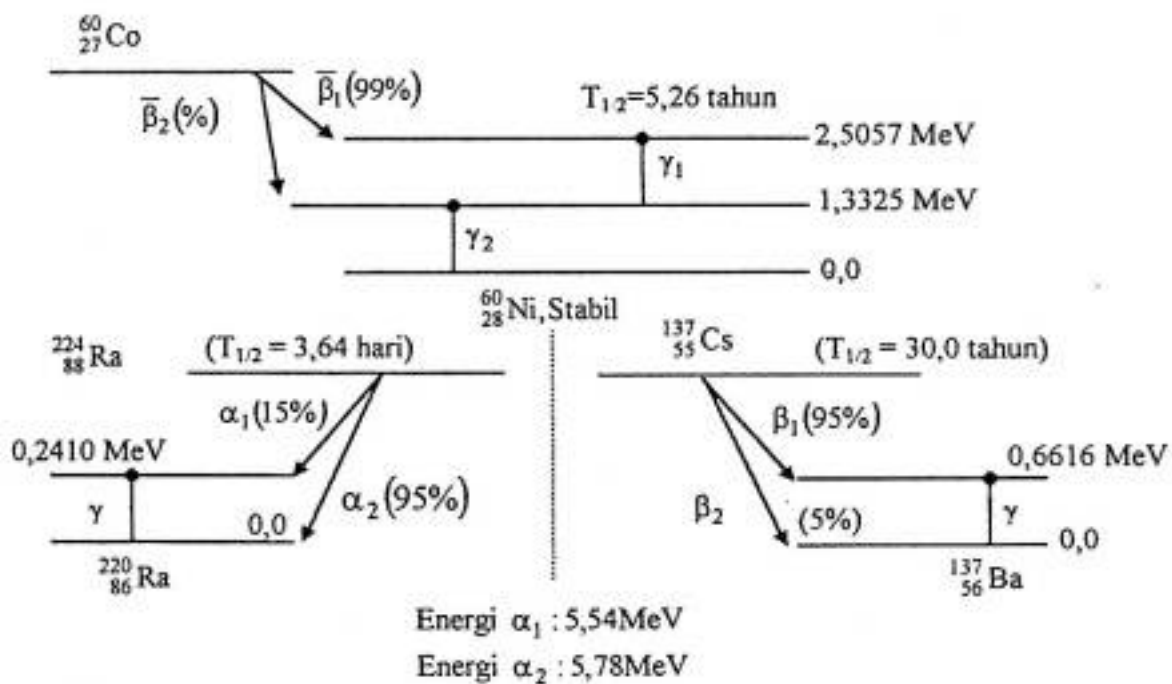
$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

atau

$$1 \text{ Bq} = 27,027 \times 10^{-12} \text{ Ci.}$$

Satuan Curie menyatakan jumlah peluruhan per satuan waktu. Jumlah peluruhan berbeda dengan jumlah radiasi yang dipancarkan. Misalnya untuk Co-60, setiap

atom Co-60 memancarkan sebuah partikel betha (β) dan dua sinar gamma (γ) sehingga dalam hal ini 1 Ci dari Co-60 memancarkan $3,7 \times 10^{10} \beta / \text{detik}$ dan $7,4 \times 10^{10} \gamma / \text{detik}$. Oleh karena itu aktivitas suatu sumber radioaktif dapat dihitung secara teliti berdasarkan data eksperimental apabila skema peluruhan radioisotop tersebut diketahui. Radioisotop Cs-137 memancarkan betha (β) dan gamma (γ), sedangkan Ra-137 memancarkan alpha (α) dan gamma (γ). Hal ini dapat dilihat pada Gambar II.3. ¹⁾



Gambar II.3 Skema Peluruhan

I.5 Aktivitas Jenis

Aktivitas jenis unsur radioaktif didefinisikan sebagai aktivitas satu gram zat, atau didefinisikan sebagai kemampuan satu gram zat untuk meluruh dalam waktu satu detik. Biasanya dinyatakan dalam satuan Curie/gram. Makin pendek waktu paruh unsur radioaktif, makin besar aktivitas jenisnya. Aktivitas jenis bisa dihitung dengan persamaan: ¹⁾

$$(A)_{sp} = \lambda N \dots\dots\dots (II.4)$$

- dengan:
- (A)_{sp} = aktivitas jenis
 - λ = konstanta peluruhan.
 - N = banyaknya atom dalam 1 gram zat

II.6 Interaksi Sinar Gamma (γ) Dengan Materi

Kehilangan energi radiasi sinar gamma (γ) pada saat melewati suatu materi (zat) terjadi karena tiga proses utama, yaitu: ¹⁰⁾

- Efek fotolistrik
- Hamburan Compton
- Produksi pasangan.

Efek fotolistrik dan hamburan Compton timbul karena interaksi sinar gamma (γ) dengan elektron-elektron dalam atom dari materi. Sedangkan produksi pasangan

timbul karena interaksi sinar gamma dengan medan listrik inti atom. Apabila I_0 adalah intensitas sinar gamma (γ) yang datang pada permukaan materi dan I_x adalah intensitas sinar gamma (γ) yang berhasil menembus lapisan setebal x materi tersebut maka akan terjadi pengurangan intensitas. Hubungan antara I_0 dengan I_x adalah: ¹⁾

$$I_x = I_0 e^{-\mu x} \dots\dots\dots (II.5)$$

μ disebut koefisien absorpsi linier yang merupakan bagian dari suku eksponensial.

Mengingat penyerapan sinar gamma (γ) ditentukan oleh tiga proses utama, yakni efek fotolistrik, hamburan Compton, dan produksi pasangan, maka koefisien linier μ juga ditentukan oleh tiga proses tersebut, sehingga persamaannya:

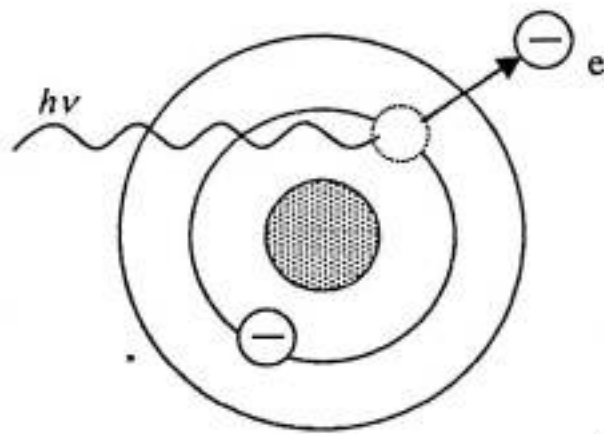
$$\mu_t = \mu_{fl} + \mu_c + \mu_{pp} \dots\dots\dots (II.6)$$

μ_t , adalah koefisien absorpsi total, sedangkan μ_{fl} , μ_c , dan μ_{pp} masing-masing adalah koefisien absorpsi yang disebabkan oleh efek fotolistrik, hamburan Compton, dan produksi pasangan.

II.6.1 Efek Fotolistrik

Pada efek fotolistrik (Gambar II.4) energi foton diserap oleh atom, yaitu oleh elektron. Sehingga elektron tersebut lepas dari ikatannya dengan atom. Elektron yang dilepaskan oleh efek fotolistrik disebut fotoelektron. Proses efek fotolistrik terutama terjadi pada foton yang berenergi rendah yaitu antara energi $\pm 0,01$ MeV

hingga $\pm 0,5$ MeV. Bila energinya kecil, foton akan berinteraksi dengan elektron orbit luar atom, apabila energinya besar, maka elektron dari orbit lebih dalam akan dilepaskan juga. Disamping itu efek fotolistrik lebih banyak terjadi pada material dengan Z yang besar. Seperti terjadi pada timah hitam ($Z=82$) daripada tembaga ($Z=29$).⁷⁾



Gambar II.4 Efek Fotolistrik.

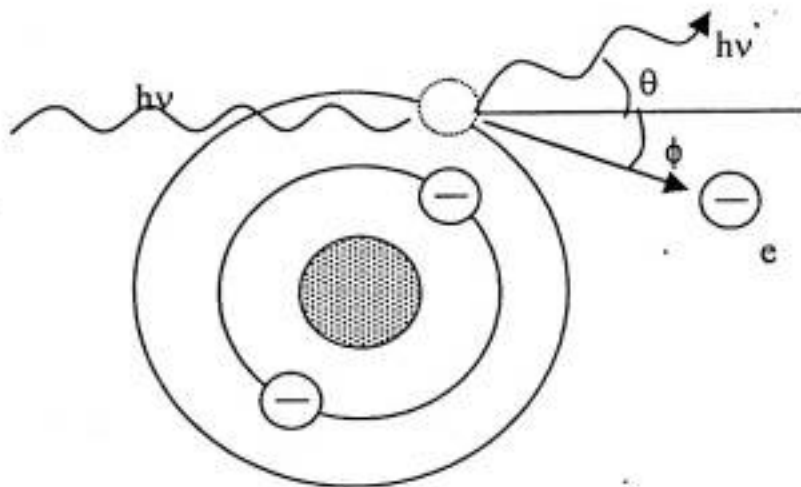
Untuk sinar gamma (γ) dengan energi cukup, besar kemungkinan berasal dari loncatan fotoelektron yang sangat kuat atau kulit K atom. Fotoelektron dengan energi yang diberikan, diketahui besarnya dengan persamaan:⁷⁾

$$E_e = h\nu - E_b \dots\dots\dots (II.7)$$

Dengan E_b dianggap sebagai loncatan energi fotoelektron dalam kulit asalnya. Untuk energi sinar gamma (γ) lebih dari ribuan keV, fotoelektron membawa lebih banyak foton energi asal.

II.6.2 Hamburan Compton

Pada hamburan Compton, foton dengan energi $h\nu$ berinteraksi dengan elektron terluar dari atom, selanjutnya foton dengan energi $h\nu'$ dihamburkan kemudian elektron tersebut dilepaskan dari ikatannya dengan atom dan bergerak dengan energi kinetik tertentu. Hasil hubungan transfer energi dan sudut hambur banyak memberikan interaksi yang dapat disederhanakan dengan menulis persamaan untuk kekekalan energi dan momentum. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar II.5. ⁴⁾



Gambar II.5. Hamburan Compton

Adapun persamaan yang dimaksud adalah:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos \theta) \dots\dots\dots (II.8)$$

dengan h/m_0c adalah panjang gelombang Compton. Untuk sudut hambur yang kecil sangat sedikit energi yang ditransfer, dan banyak energi asal selalu ditahan oleh kelakuan foton pada $\theta = \pi$. ⁴⁾

II.6.3 Produksi Pasangan

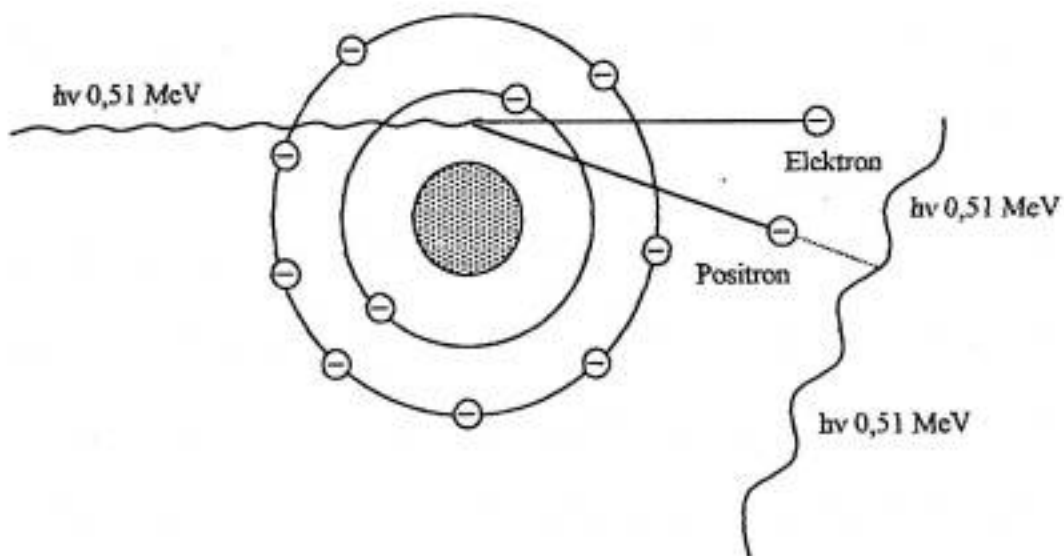
Proses produksi pasangan (Gambar II.6) hanya terjadi bila energi foton datang $\geq 1,02$ MeV. Apabila foton semacam ini mengenai inti atom berat, foton tersebut akan lenyap dan sebagai gantinya timbul sepasang elektron-positron. Proses ini memenuhi hukum kekekalan energi: ¹⁰⁾

$$h\nu = (2m_0c^2) + (K_+) + (K_-) \dots\dots\dots (II.9)$$

K_+ = energi kinetik positron

K_- = energi kinetik elektron

Sehingga proses ini berlangsung jika energi foton datang minimal $2m_0c^2$ ($E=1.02$ MeV), m_0 adalah massa diam dan c adalah kecepatan cahaya.



Gambar II.6 Produksi Pasangan.

II.7 Sistem Pengukuran Radiasi

Sistem pengukuran radiasi atau sering pula disebut alat ukur radiasi, merupakan susunan peralatan yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur radiasi (intensitas, energi, atau dosis). Intensitas radiasi merupakan banyaknya radiasi yang masuk ke dalam sistem pengukuran. Intensitas radiasi sebanding dengan aktivitas sumber radiasi, probabilitas pancaran radiasi, dan jarak antara sumber dan sistem pengukur. Energi radiasi merupakan kekuatan setiap radiasi yang dipancarkan tergantung pada nuklida sumbernya karena setiap nuklida radioaktif memancarkan radiasi dengan tingkat energi tertentu. Tingkat energi yang dipancarkan sumber seringkali sudah tidak sama dengan tingkat energi yang terukur oleh sistem pengukur. Sedangkan dosis radiasi menggambarkan tingkat kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh pancaran radiasi tersebut. Nilai dosis ini sangat dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu intensitas radiasi, energi radiasi, dan jenis bahan penyerap.¹⁰⁾

Setiap sistem pengukuran radiasi, baik untuk mengukur intensitas, energi, maupun dosis radiasi selalu terdiri atas dua bagian utama yaitu detektor dan peralatan penunjang. Detektor merupakan bahan yang peka terhadap radiasi, jadi bila dikenai radiasi akan menghasilkan tanggapan tertentu yang lebih mudah diamati. Sedangkan peralatan penunjang, biasanya merupakan peralatan elektronik yang berfungsi untuk mengubah tanggapan detektor tersebut menjadi informasi yang dapat diamati oleh panca indra manusia.

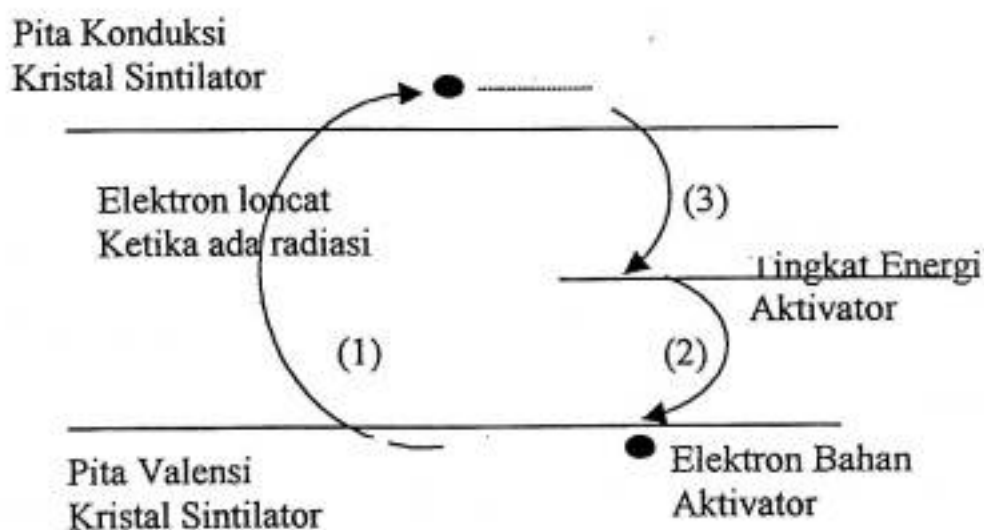
II.7.1 Detektor Sintilasi NaI(Tl)

Detektor merupakan bahan yang peka atau sensitif terhadap radiasi. Tetapi setiap detektor belum tentu sensitif terhadap semua jenis radiasi. Detektor yang efektif untuk mengukur radiasi gamma (γ) yaitu mempunyai massa jenis yang besar agar dapat menyerap radiasi gamma (γ) yang mengenainya.

Detektor sintilasi NaI(Tl) terdiri atas sintilator NaI(Tl) yang merupakan bahan padat, berupa kristal logam alkali khususnya alkali Yodida yang mengandung pengotor (*impurity*) dengan konsentrasi rendah. Keunggulan sintilator ini dapat memancarkan percikan cahaya yang cukup banyak dan linear terhadap radiasi yang diserapnya. Sehingga sintilator NaI(Tl) merupakan sintilator standar untuk keperluan spektroskopi nuklir yang tidak membutuhkan resolusi tinggi. Selain itu mempunyai efisiensi konversi cahaya yang terbesar dibanding dengan bahan lain.

Proses sintilasi pada bahan ini terjadi dengan adanya pita valensi dan pita konduksi dalam kristal yang dipisahkan dengan energi tertentu. Pada keadaan dasar (*ground state*) seluruh elektron berada di pita valensi sedangkan di pita konduksi kosong. Ketika terdapat radiasi yang memasuki kristal, terdapat kemungkinan bahwa energinya akan terserap oleh beberapa elektron di pita valensi sehingga dapat meloncat ke pita konduksi. Elektron-elektron yang telah berada di pita konduksi dapat bergerak dengan bebas sedangkan di pita valensi akan terbentuk hole yaitu kekosongan yang ditinggalkan oleh elektron. Hole di pita valensi juga bergerak

bebas sebagaimana pembawa muatan positif. Apabila elektron-elektron yang berada di pita konduksi tersebut kembali langsung ke pita valensi, akan dipancarkan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang setara sinar-X sehingga tidak teramati. Adanya unsur pengotor di dalam kristal sintilator yang berfungsi sebagai aktivator, dapat mencegah atau mengurangi kejadian produksi sinar-X yang tidak teramati, sehingga terpancar cahaya tampak karena elektron-elektron yang berada di pita konduksi tidak kembali ke pita valensi secara langsung. Hole di pita valensi yang dapat bergerak bebas akan mengionisasi atau menangkap elektron dari unsur aktivator, sehingga unsur aktivator kekurangan elektron. Kekurangan ini akan diisi oleh elektron-elektron dari pita konduksi kristal sintilator. Karena perbedaan tingkat energi antara pita konduksi dan pita valensi unsur aktivator tidak terlalu besar, maka gelombang elektromagnetik yang dipancarkan akan mempunyai panjang gelombang yang setara dengan cahaya tampak. Kejadian tersebut dapat diilustrasikan sebagaimana gambar II.8.²⁾



Gambar II.7. Pita energi pada kristal sintilator

Detektor sintilasi NaI(Tl) mempunyai cacahan latar belakang yang lebih besar. Cacahan latar belakang merupakan nilai cacahan yang berasal bukan dari sumber yang diukur. Hal tersebut dapat saja berasal dari radiasi lingkungan, sumber radiasi lain yang disimpan di sekitar detektor, maupun dari gangguan elektronik. Salah satu cara untuk mengurangi pengaruh cacahan latar belakang terhadap cacahan sebenarnya adalah dengan mengatur nilai tegangan sedemikian rupa agar perbandingan nilai cacahan sebenarnya terhadap nilai cacahan latar belakang mencapai maksimum. Secara matematik dinyatakan dengan persamaan: ¹⁰⁾

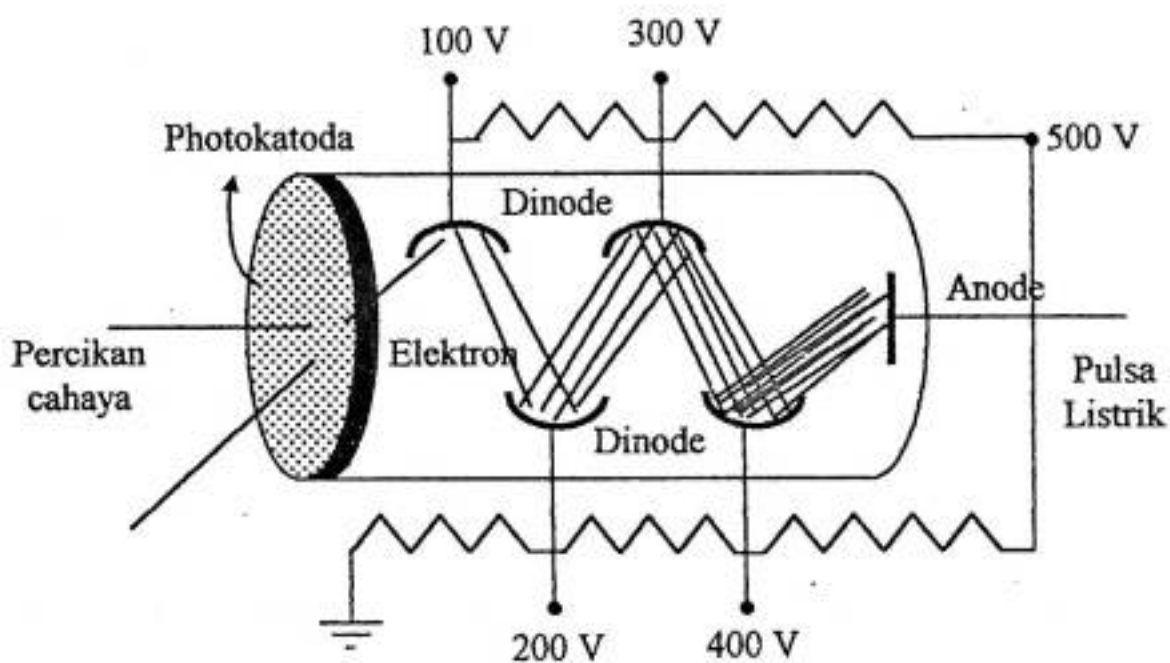
$$\frac{R_s^2}{R_b} = \text{maksimum} \dots\dots\dots (II.10)$$

- dengan:
- R_b = laju cacah latar belakang
 - R_s = $R_t - R_b$
 - R_t = laju cacah total

II.7.2 Tabung Photomultiplier


Tabung photomultiplier berfungsi untuk memperkuat percikan cahaya dari bahan sintilator menjadi berkas elektron sehingga dapat diolah lebih lanjut sebagai pulsa listrik. Tabung photomultiplier terbuat dari tabung hampa yang kedap cahaya dengan photokatoda yang berfungsi sebagai masukan pada salah satu ujungnya. Photokatoda ditempelkan pada bahan sintilator sehingga dapat memancarkan elektron bila dikenai cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai. Elektron yang

dihasilkan diarahkan dengan perbedaan potensial menuju dinode pertama. Dinode pertama akan memancarkan beberapa elektron sekunder bila dikenai elektron. Elektron-elektron sekunder yang dihasilkan dinode pertama akan menuju dinode kedua kemudian ke dinode ketiga dan seterusnya sehingga elektron yang terkumpul pada dinode terakhir berjumlah sangat banyak. Adapun konstruksi tabung photomultiplier seperti pada gambar II.9. ³⁾



Gambar II.8. Tabung Photomultiplier

Prinsip kerja dinode berdasarkan pada pemancaran beberapa elektron sekunder bila dikenai sebuah elektron. Karena adanya perbedaan potensial antara photokatoda dan dinode pertama, maka elektron yang lepas dari permukaan photokatoda akan dipercepat menuju dinode pertama dan akhirnya menumbuk dinode tersebut.



Energi kinetik elektron datang akan diserap oleh bahan dinode sehingga beberapa elektronnya tereksitasi kemudian lepas. Elektron-elektron lepasan dinode pertama kemudian dipercepat kembali menuju dinode kedua dan menumbuk dinode tersebut sehingga dipancarkan lebih banyak elektron. Proses ini akan terulang pada dinode berikutnya.

II.8 Sistem Spektroskopi Nuklir

Spektroskopi nuklir merupakan salah satu metode untuk mengetahui karakteristik radiasi yang dipancarkan nuklida radioaktif berupa spektrum energi radiasi. Setiap nuklida radioaktif mempunyai energi radiasi yang berbeda, dan bersifat unik. Sehingga fenomena ini dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi jenis nuklida radioaktif. Metode ini merupakan salah satu cara untuk melakukan uji tak merusak.

Umumnya sistem spektroskopi nuklir terdiri atas beberapa peralatan seperti pada gambar III.1 (BAB III. METODOLOGI). Sistem spektroskopi nuklir memerlukan detektor yang dapat membedakan energi radiasi. Semakin baik kemampuannya membedakan energi radiasi semakin baik kualitas spektrumnya. *Pre amplifier* dan *amplifier* berfungsi untuk memperkuat pulsa yang dihasilkan detektor. *ADC (Analog to Digital Converter)* berfungsi untuk merubah pulsa analog menjadi digital, yang merupakan informasi *address* atau nomor kanal tertentu sesuai dengan tinggi pulsa analog. *MCA (Multi Channel Analyzer)* berfungsi menyimpan, menampilkan, dan mengolah hasil detector energi radiasinya.

II.8.1 Efisiensi Sistem

Efisiensi sistem adalah nilai yang menunjukkan hubungan antara nilai cacahan dan jumlah pulsa listrik yang ditampilkan *counter-timer* terhadap kuantitas radiasi yang memasuki detektor. Nilai efisiensi harus ditentukan sebelum melakukan pencacahan karena nilai cacahan yang ditampilkan pencacah tidak menunjukkan radiasi atau aktivitas sumber radiasi secara langsung melainkan harus dirubah menggunakan efisiensi sistem. Cara untuk menentukan efisiensi sistem adalah dengan melakukan pencacahan terhadap sumber radiasi standar yang telah diketahui jenis nuklidanya. Dan dapat dihitung dengan persamaan: ³⁾

$$\eta = \frac{r}{A.p} \dots\dots\dots (II.11)$$

- dengan:
- η = nilai efisiensi sistem
 - r = laju cacah dalam cpd
 - A = aktifitas saat pengukuran dalam Bq
 - p = prosentase pancaran radiasi

Adapun nilai kuantitas radiasi yang memasuki detektor atau aktivitas sumber radiasi dapat ditentukan dengan membagi nilai laju cacah yang ditunjukkan pencacah dengan nilai efisiensi sistem.

II.8.2 Waktu Mati

Setiap peralatan membutuhkan waktu tertentu untuk memproses sebuah radiasi yang memasuki detektor menjadi pulsa listrik. Selang waktu tersebut dinamakan waktu mati karena dalam selang waktu tersebut pencacah tidak dapat mencacah radiasi yang masuk. Atau dengan kata lain pencacah tidak dapat mencacah radiasi yang datang secara berurutan dengan perbedaan waktu lebih cepat daripada waktu mati sistem. Dengan adanya fenomena tersebut maka jumlah cacahan yang ditunjukkan pencacah harus dikoreksi terhadap waktu mati dengan menggunakan persamaan: ³⁾

$$R_k = \frac{R_u}{1 - \tau \cdot R_u} \dots\dots\dots (II.12)$$

- dengan:
- R_k = laju cacah setelah dikoreksi
 - R_u = laju cacah hasil pengukuran
 - τ = waktu mati sistem

Adapun formulasi $(1 - \tau \cdot R_u)$ menunjukkan koreksi terhadap sebuah radiasi yang dicacah oleh detektor. Untuk mencacah kuantitas radiasi yang tinggi diperlukan sistem pencacah yang cepat atau memiliki waktu mati sangat singkat. Cara sederhana untuk mengurangi pengaruh waktu mati sistem adalah dengan menurunkan kuantitas radiasi yang memasuki detektor.

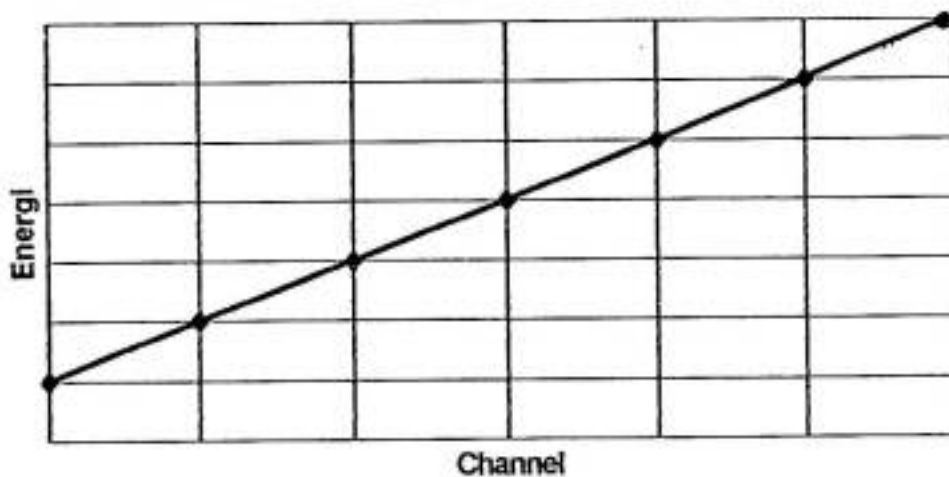
II.8.3 Kalibrasi Energi

Spektrum yang dihasilkan MCA bukan merupakan distribusi intensitas radiasi terhadap energinya secara langsung melainkan terhadap posisi *address* atau nomor kanal. Oleh sebab itu langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengkalibrasi nomor kanal terhadap energi radiasi. Proses kalibrasi energi dilakukan dengan mencari posisi *channel* untuk puncak-puncak energi dari sumber radiasi standar (*mixed radiation source*) yang telah diketahui nilai puncak energinya. Setelah itu tingkat energi nuklida radioaktif yang dideteksi dapat dihitung dengan persamaan linier: ³⁾

$$\text{Energi} = a.\text{Channel} + b \quad \dots\dots\dots(\text{II.13})$$

dengan: a = kemiringan (slope)
b = energi pada channel 0 (zero)

a dan b merupakan koefisien regresi yang diperoleh melalui regresi linier, Yang dapat diilustrasikan seperti pada gambar II.9 berikut ini.



Gambar II.9 Kurva kalibrasi energi

II.8.4 Resolusi Sistem

Parameter yang menentukan keandalan sistem spektroskopi nuklir adalah resolusi sistem yaitu nilai yang menunjukkan kemampuan sistem untuk membedakan dua puncak energi yang berurutan. Semakin baik sistemnya semakin kecil nilai resolusinya sehingga lebih teliti membedakan dua puncak energi yang berhimpit. Hal ini disebut sebagai sistem spektroskopi nuklir beresolusi tinggi.

Resolusi sistem dihitung dengan menentukan FWHM kemudian dibagi dengan posisi puncak energi. ³⁾

$$R = \frac{FWHM}{E_p} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{II.14})$$

- dengan:
- R = resolusi sistem dalam persen
 - FWHM = *Full Width at Half Maximum*
 - E_p = posisi puncak energi

BAB III METODOLOGI



Dan sesungguhnya Kami telah menurunkan kepada kamu ayat-ayat yang memberi penerangan, dan contoh-contoh dari orang yang terdahulu sebelum kamu dan pelajaran bagi orang-orang yang bertakwa. (Q.S. An Nur. Ayat 34)

III.1	Peralatan Dan Bahan Penelitian	27
III.2	Metode Pengambilan Data	29
III.3	Bagan Alur Kerja	33



BAB III
METODOLOGI

III.1 Peralatan Dan Bahan Penelitian

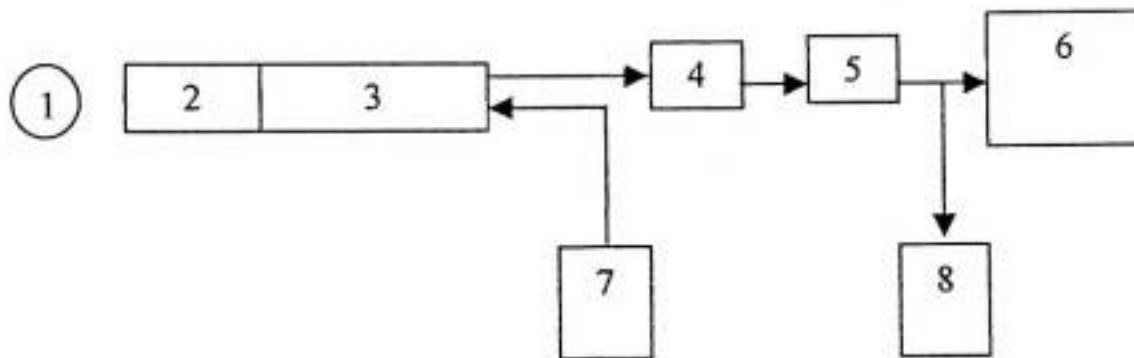
Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:³⁾

1. Detektor sintilasi NaI(Tl) model 2M2/2. Sintilator NaI(Tl) merupakan bahan padat, berupa kristal logam alkali khususnya alkali Yodida yang mengandung pengotor (*impurity*) dengan konsentrasi rendah. Keunggulan sintilator ini dapat memancarkan percikan cahaya cukup banyak dan linier terhadap radiasi yang diserap.
2. Tabung photomultiplier model 226 DM Base. Berfungsi untuk memperkuat percikan cahaya dari bahan sintilator menjadi berkas elektron sehingga dapat diolah lebih lanjut menjadi pulsa listrik.
3. Pre amplifier model 113. Merupakan penguat awal berfungsi untuk menangkap langsung pulsa listrik yang dihasilkan detektor karena pulsa tersebut sangat lemah dan sangat mudah dipengaruhi kondisi lingkungan. Untuk mengatasi masalah ini penguat awal diletakkan dekat detektor.
4. Amplifier model 2022. Merupakan penguat utama yang berfungsi untuk membentuk pulsa agar dapat diproses lebih lanjut. Bentuk pulsa yang dihasilkan penguat awal masih runcing sedangkan bentuk yang sesuai untuk rangkaian pengolah berbentuk semi Gauss. Pengaturan yang tepat pada penguat utama ini dapat memperbaiki resolusi sistem dan mengurangi *noise* elektronik.

5. Power supply tegangan tinggi model 456. Peralatan ini berfungsi memberi tegangan pada detektor. Detektor akan dapat bekerja atau sensitif terhadap radiasi bila diberi tegangan DC tertentu.
6. Osiloskop model CS-6040. Berfungsi untuk mengetahui besar tegangan (tinggi pulsa listrik) yang dihasilkan dari proses yang terjadi pada tabung photomultiplier.
7. Personal komputer, yang di dalamnya berisi software untuk mencacah pulsa listrik (ADC dan MCA). ADC berfungsi untuk merubah pulsa analog menjadi digital berupa informasi *address* atau nomor kanal tertentu sesuai dengan tinggi pulsa analognya. MCA berfungsi menyimpan, menampilkan, dan mengolah hasil spektrum energi radiasi.
8. Jaringan kabel untuk eksperimen model C177-3. Sebagai penghubung instrumen nuklir yang digunakan.
9. Sumber yang akan diteliti yaitu : sumber radiasi standar (*mixed radiation source*), Cs-137, Ba-133, Co-60, Na-22 dan isotop unsur yang belum diketahui (*unknown*). Merupakan sumber radiasi gamma (γ) yang akan ditentukan besar energinya.
10. Pen dosis. Merupakan alat bantu untuk mengetahui dosis radiasi, apabila pengamat terkontaminasi radiasi.

III.2 Metode Pengambilan Data

Proses yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan instrumen nuklir dengan rangkaian seperti pada gambar berikut: ³⁾



Gambar. III.1. Bagan instrumen nuklir

Keterangan:

1. Sumber radiasi
2. Detektor sintilasi NaI(Tl).
3. Tabung photomultiplier.
4. Pre amplifier.
5. Amplifier.
6. Personal komputer, terdiri atas ADC dan MCA.
7. High voltage.
8. Osiloskop.

Peralatan yang telah tersusun, penunjukan skalanya ditempatkan pada posisi nol serta dalam keadaan *off*. Jika kondisi tersebut terpenuhi, peralatan dapat dioperasikan atau diposisikan dalam keadaan on. Pemberian tegangan dari *Power Suplay* berupa arus searah (DC) dinaikkan secara perlahan dari posisi 0 sampai pada posisi 800 Volt. Selanjutnya sumber yang akan diamati diletakkan pada tempat sampel dekat detektor dengan jarak 10 cm dimana nilai efisiensi sistem menunjukkan harga setara antara nilai cacahan dengan jumlah pulsa listrik.

1. Pengaruh Energi Terhadap Perubahan Tegangan

Pengamatan dilakukan terhadap perubahan tegangan yang dihasilkan instrumen nuklir. Adapun sampel yang digunakan adalah Cs-137. Hal ini dapat dilakukan dengan mengatur faktor penguat *amplifier* agar tinggi pulsa yang tampak pada osiloskop berada pada posisi 3 Volt. Selanjutnya pengamatan dilakukan terhadap nuklida radioaktif yang diperkirakan mempunyai tingkat energi berbeda secara berturut-turut: Ba-133, Co-60, dan Na-22.

2. Pengaruh Tegangan Terhadap Posisi Puncak Energi

Pengamatan dilakukan terhadap perubahan posisi puncak energi yang tampak pada layar komputer apabila tegangan keluaran dari instrumen nuklir berubah. Sampel yang digunakan adalah Cs-137. Pemberian tegangan diatur agar posisi penguat yang tampak pada osiloskop berada pada tinggi pulsa 1 Volt. Setelah peralatan berhenti melakukan pencacahan, dilanjutkan dengan pengamatan terhadap posisi puncak energi yang tampak pada layar komputer. Selanjutnya pengamatan dilakukan dengan tinggi pulsa bervariasi secara berturut-turut: 1,5 Volt; 2,0 Volt; 3,0 Volt; 3,5 Volt; 4,0 Volt; 5,0 Volt; 6,0 Volt; 7,0 Volt; 8,0 Volt.

3. Mengalibrasi Sistem Spektroskopi Nuklir

Kalibrasi sistem spektroskopi nuklir merupakan hal yang mutlak dilakukan untuk keberhasilan pengamatan. Sebagai sampel yang digunakan untuk mengalibrasi

sistem spektroskopi nuklir adalah sumber radiasi standar (*Mixed Radiation Source*). Kalibrasi dilakukan dengan mengatur penguatan pada *amplifier* sedemikian rupa sehingga posisi puncak energi yang tampak pada layar komputer sesuai dengan posisi *channel* yang telah ditentukan pada sumber radiasi standar. Adapun standar kalibrasi yang dimaksud bersumber dari *Laboratory Education And Training, National Atomic Energy Agency – From JRIA Book*.

Pada proses kalibrasi sistem spektroskopi yang dikalibrasi adalah posisi puncak energi terhadap *channel* yang sesuai. Kalibrasi energi dilakukan dengan menggunakan sumber radiasi standar *mixed radiation source* FW 758. Dan hasilnya mendekati nilai yang setara antara posisi puncak energi dan *channel* yang telah ditentukan dalam prosedur kalibrasi. Adapun nilai untuk proses kalibrasi dapat dilihat pada tabel III.1. Merupakan data standar kalibrasi dari *Laboratory Education And Training, National Atomic Energi Agency-From JRIA Book*. Sedangkan bentuk spektrum yang ditampilkan ada pada lampiran A.

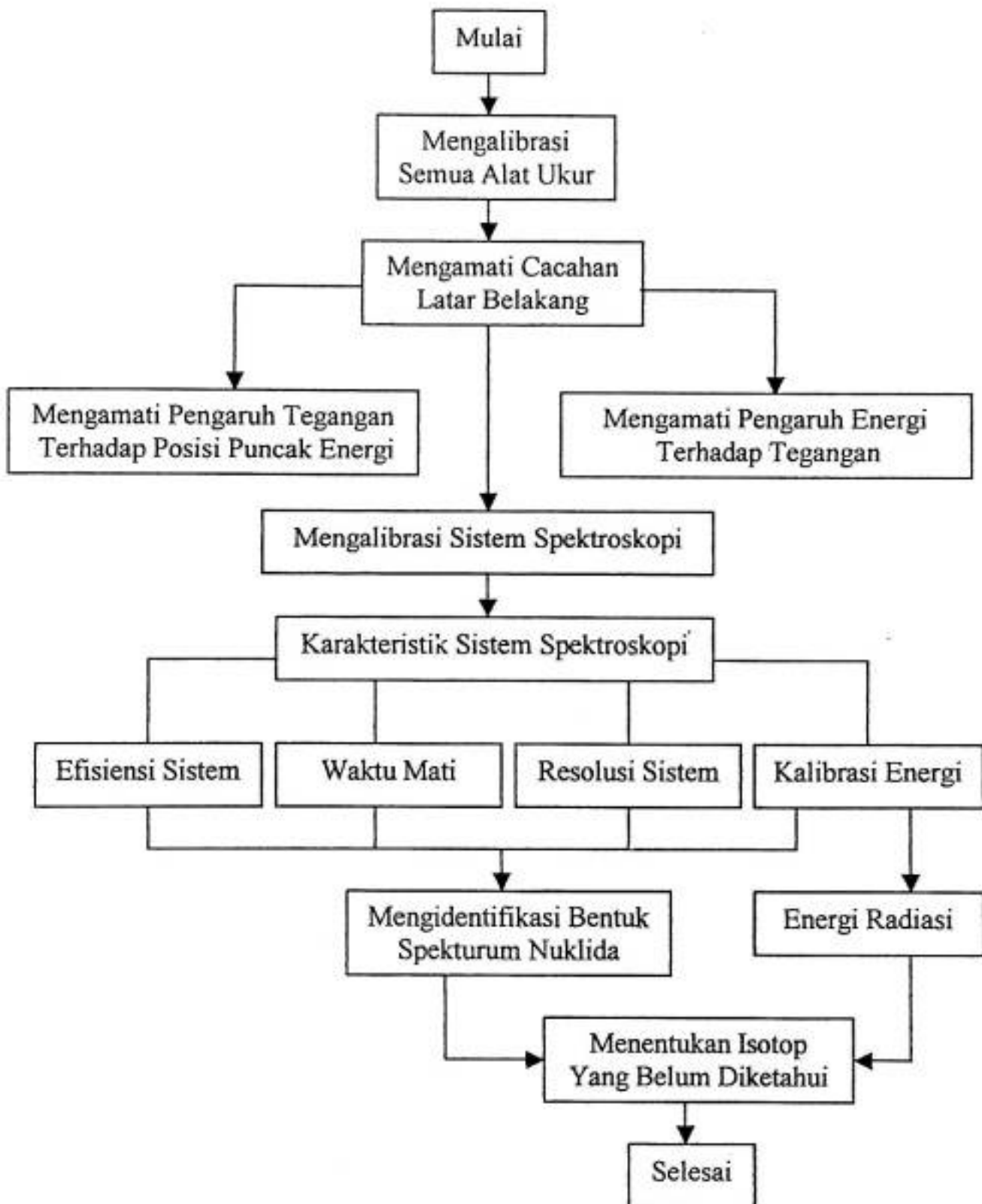
Tabel III.1. *Mixed Radiation Source*

No	Nuklida	Energi (keV)	Probability (%)	Half Life (tahun)
1	Ba-133	81	34	10,52
		271	7,2	
		303	18,3	
		356	62	
		384	8,9	
2	Cs-137	661,6	85	30
3	Co-60	1173,24	100	5,27
		1332,50	100	

4. Karakterisasi Spektrum Nuklida Radioaktif

Pengamatan dilakukan untuk mengetahui tingkat energi dan karakteristik spektrum nuklida radioaktif. Sampel yang pertama kali digunakan adalah Cs-137. Setelah instrumen nuklir berhenti melakukan pencacahan, pengamatan dapat dilakukan terhadap bentuk spektrum yang tampak pada layar komputer dan hasil pengamatan disimpan dalam memori MCA. Setelah itu dilanjutkan untuk nuklida radioaktif yang lain secara berturut-turut: Ba-133, Na-22, Co-60, dan *Unknown*.

III.3 Bagan Alur Kerja



BAB IV

HASIL DAN BAHASAN



BAB IV

HASIL DAN BAHASAN

IV.1 Pengaruh Energi Terhadap Perubahan Tegangan

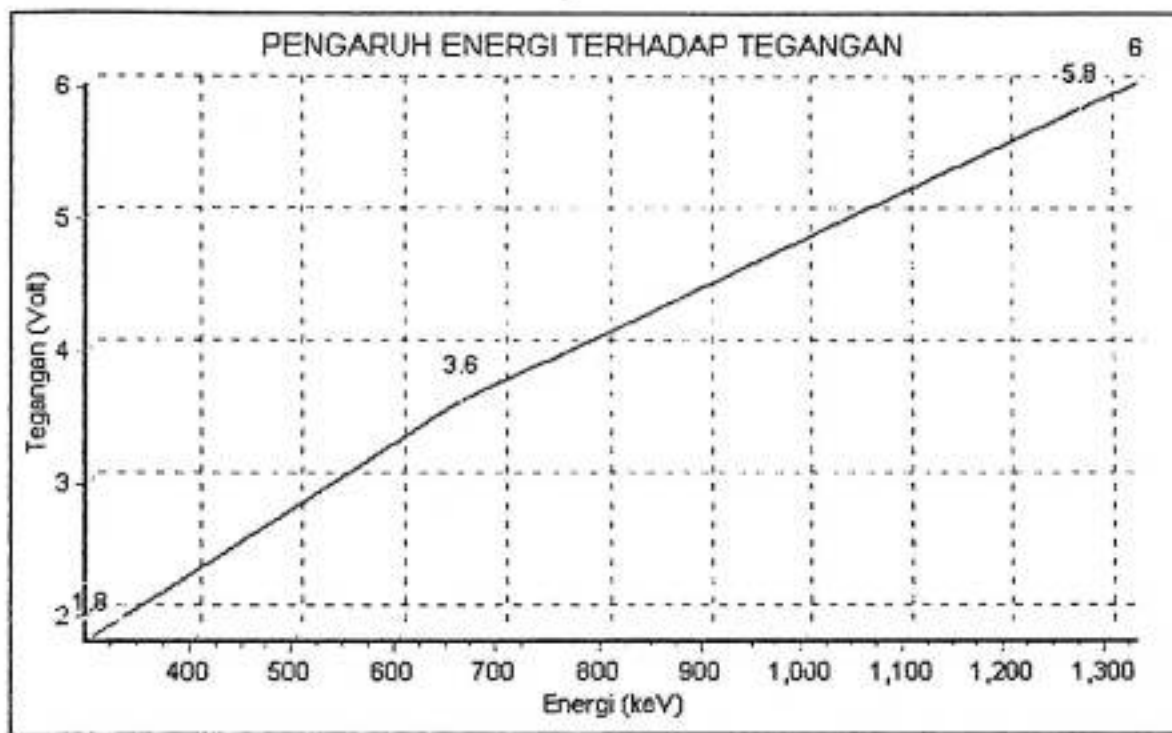
Pengaruh energi masing-masing nuklida radioaktif terhadap perubahan tegangan keluaran sistem spektroskopi nuklir diketahui melalui tinggi pulsa yang tampak pada osiloskop dapat dilihat pada tabel IV.1.

Tabel IV.1. Pengaruh energi terhadap perubahan tegangan

No	Nuklida	Energi (keV)	Tegangan (Volt)
1	Ba-133	302	1,8
2	Cs-137	662	3,6
3	Na-22	1275	5,8
4	Co-60	1332	6,0

Untuk data energi pada table IV.1, merupakan data standar kalibrasi dari *Laboratory Education And Training, National Atomic Energi Agency-From JRIA Book*. Kemudian perkiraan kesetaraan energi disesuaikan dengan kecenderungan bahwa pulsa tertinggi yang tampak pada osiloskop sama dengan tingkat energi tertinggi.

Dari data tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara besar energi nuklida radioaktif terhadap tegangan listrik yang ditimbulkan. Adapun analisa grafik yang dimaksud adalah sebagai berikut:



Gambar IV.1 Grafik Energi-Vs-Tegangan

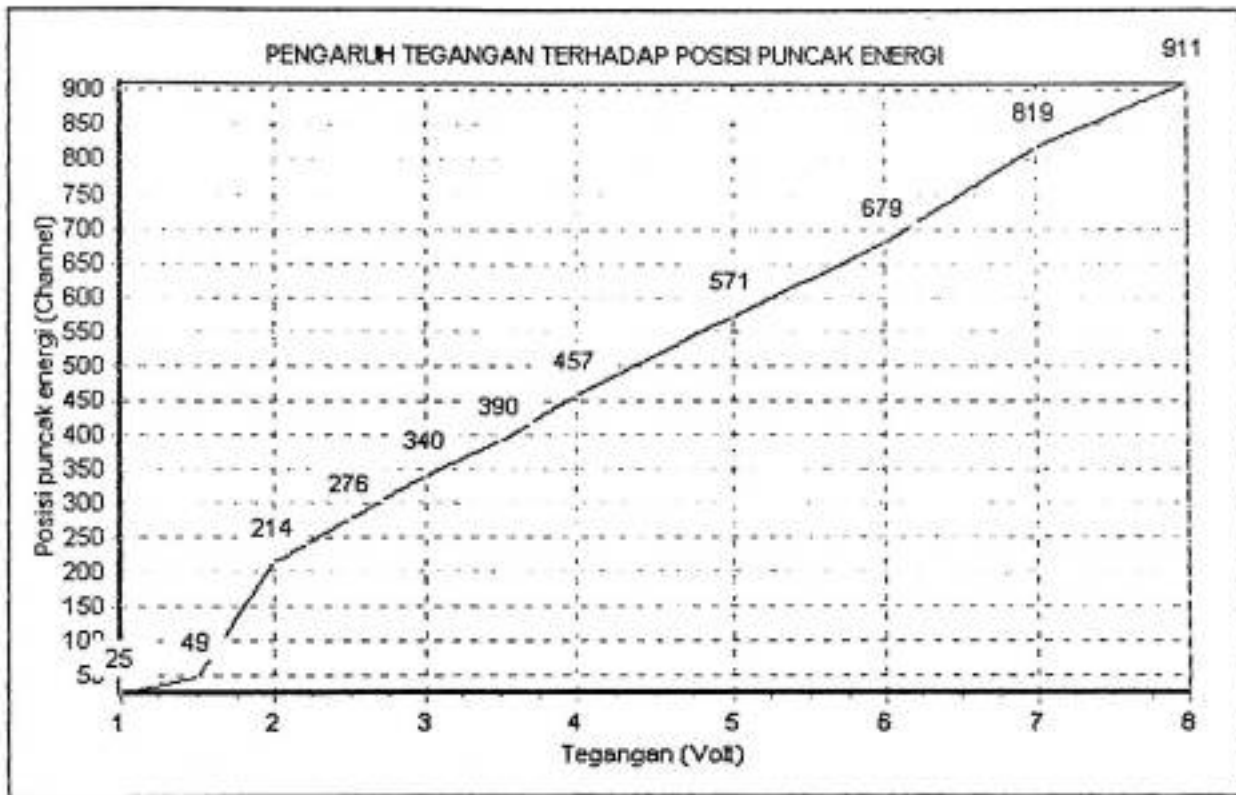
IV.2 Pengaruh Tegangan Terhadap Posisi Puncak Energi

Pengaruh perubahan tegangan sistem spektroskopi nuklir terhadap posisi puncak energi, dapat dilihat pada tabel IV.2.

Tabel IV.2. Pengaruh tegangan terhadap posisi puncak energi

No	Tegangan Keluaran (Volt)	Posisi Puncak Energi (Channel)
1	1,0	25
2	1,5	49
3	2,0	214
4	2,5	276
5	3,0	340
6	3,5	390
7	4,0	457
8	5,0	571
9	6,0	679
10	7,0	819
11	8,0	911

Data tersebut dibuatkan grafik seperti berikut:



Gambar IV.2. Grafik Tegangan-Vs- Posisi Puncak Energi

Dari pengamatan yang dilakukan, pada gambar IV.1 terlihat bahwa tegangan meningkat apabila sumber energi radiasi semakin besar dan pengamatan pada gambar IV.2 posisi puncak energi meningkat terhadap posisi *channel* sesuai dengan meningkatnya tegangan keluaran yang terbaca pada osiloskop. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat energi radiasi sinar gamma sebanding dengan tegangan keluaran sistem spektroskopi nuklir.

IV.3 Karakteristik Sistem Spektroskopi Nuklir

Sebagai langkah pertama untuk mengetahui karakteristik sistem spektroskopi nuklir dilakukan perhitungan efisiensi sistem. Untuk menghitung efisiensi sistem dilakukan spektroskopi terhadap Cs-137 standar, dengan aktivitas awal ($A_0 = 11,28 \mu\text{Ci} = 417360 \text{ Bq}$), prosentase pancaran radiasi ($p = 85 \% = 0,85$), dan waktu paruh ($T_{1/2} = 30$ tahun, mulai tanggal 1 Mei 1990 dan penelitian dilakukan tanggal 8 September 1999. Sehingga waktu peluruhan ($t = 9,356$ tahun). Aktivitas sumber dihitung dengan persamaan (II.2), dengan proses perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}A_{(t)} &= A_0 e^{-\lambda t} \\A_{(t)} &= ((417360) * (\exp^{((-0,693/30) * 9,356)})) \\&= 341950,6262 \text{ Bq}\end{aligned}$$

Diperoleh aktivitas pada saat pengamatan ($A_t = 341950,6262 \text{ Bq}$) dianggap sebagai aktivitas pada saat penelitian, prosentase pancaran radiasi ($p = 85 \% = 0,85$), dan laju cacah ($r = 418 \text{ cpd}$). Selanjutnya efisiensi sistem dihitung dengan persamaan (II.11) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{r}{A \cdot p} \\ \eta &= ((418 / (341950,6262 * (0,85 / 100))) * 100) \\ &= 14,9\%\end{aligned}$$

Diperoleh besar efisiensi sistem spektroskopi nuklir ($\eta = 14,9 \%$). Sedangkan untuk resolusi sistem dengan *Full Width at Half Maximum* ($\text{FWHM} = 58,834$) dan posisi puncak energi ($E_p = 333$) dihitung dengan persamaan (II.14):

$$R = \frac{FWHM}{E_p} \times 100\%$$

$$R = (58,834 / 333) \times 100\%$$

$$= 17,67\%$$

Diperoleh ($R = 17,67\%$). Sedang karakteristik sistem spektroskopi yang lain yaitu waktu mati dan kalibrasi energi akan menghasilkan nilai berbeda-beda tergantung nuklida radioaktif yang diamati. Adapun karakteristik sistem spektroskopi yang dimaksud yaitu waktu mati 00:05:15.16 (lampiran A, 1. Acquisition, Elapsed, Real), dan persamaan kalibrasi energi $\{E = 2,008 * \text{Posisi puncak energi} - 3,012\}$ (Lampiran A, 2. Display, Energi, Cal (keV)).

IV.4 Energi Radiasi Gamma

Hasil spektroskopi terhadap sumber radiasi gamma (γ) berupa karakteristik spektrum nuklida radioaktif yang diteliti dapat dilihat pada lampiran B. Adapun tingkat energi nuklida radioaktif seperti pada tabel IV.3.

Tabel IV.3. Energi nuklida radioaktif

No	Nuklida	Peak Energi (channel)	Energi (keV)
1	Cs-137	336	669,476
2	Ba-133	42	81
		156	309
		186	369,246
3	Co-60	588	1173,862
		666	1329,981
4	Na-22	641	1279,943
		262	521,362

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa masing-masing nuklida memiliki bentuk spektrum yang unik bergantung kepada tingkat energi nuklida. Hal ini dilihat dari puncak energi yang dibentuk dan posisinya terhadap *channel*.

IV.5 Unsur Yang Belum Diketahui (*Unknown*)

Setelah melakukan pencacahan terhadap sampel yang belum diketahui (*unknown*), maka diperoleh data seperti berikut:

Peak analysis Report 12-18-97 2:43:33 AM Page 1

 ***** P E A K A N A L Y S I S R E P O R T *****

Detector Name: DET01
 Sample Title: unknown
 Peak Analysis Performed on: 12-18-97 2:43:33 AM
 Peak Analysis From Channel: 50
 Peak Analysis To Channel 4096

Peak No.	ROI start	ROI end	Peak Centroid	Energy (keV)	Net Peak Area	Net Area Uncent	Continuum Counts
1	876-	889	882.79	661.64	9.10E+04	315.95	3.22E+03
2	1559-	1571	1565.24	1173.16	4.04E+04	209.35	1.32E+03
3	1769-	1788	1777.85	1332.52	3.67E+04	194.39	3.10E+02
4	3337-	3352	3343.86	2506.29	2.90E+02	17.17	1.71E+00

M = First peak in a multiplet region
 m = Other peak in a multiplet region
 F = Fitted singlet

Errors quoted at 1.000 sigma

Dari data energi yang terbaca pada instrumen nuklir, diduga beberapa nuklida radioaktif. Untuk menentukan jenis nuklida radioaktif, dilakukan interpretasi dengan bantuan data standar katalog radiasi gamma (γ) dari *Atomic Data and Nuclear Tabel Vol.29.No.1, Juli 1983* (Lampiran C).

Untuk energi 661,64 keV pada katalog radiasi gamma (γ) bagian I (halaman 91, Lampiran C), yang lebih berpeluang adalah nuklida radioaktif Cs-137 dan Ba-137. Hal tersebut berdasarkan asumsi bahwa pada pemancaran radiasi gamma (γ) dari beberapa nuklida dengan energi sebesar $\pm 661,64$ keV disertai dengan energi yang lain dengan probabilitas pancaran radiasi sesuai daftar katalog radiasi gamma (γ). Tetapi untuk nuklida Cs-137 dan Ba-137, tidak ditemukan energi yang menyertainya. Untuk menentukan salah satu dari nuklida tersebut digunakan katalog radiasi gamma (γ) bagian II (halaman 293, Lampiran C). Dengan analisis hubungan kekerabatan untuk menuju pada keadaan stabil maka diduga bahwa nuklida yang terdeteksi oleh sistem spektroskopi nuklir adalah Ba-137.

Untuk energi 1173,16 keV dan 1332,32 keV setelah dilakukan interpretasi dengan bantuan katalog radiasi gamma (γ) bagian I (halaman 137, 147 dan 183, lampiran C) merupakan spektrum energi yang bersumber dari nuklida yang sama. Sedangkan energi 2506,29 keV merupakan energi yang dipancarkan nuklida radioaktif langsung menuju pada keadaan stabil, kemudian terdeteksi oleh sistem spektroskopi

nuklir. Selanjutnya nuklida tersebut memancarkan energi 1332,52 keV menuju pada keadaan stabil, dan yang tersisa adalah energi 1173,16 keV juga menuju pada keadaan stabil. Semua energi yang dipancarkan nuklida tersebut terdeteksi oleh sistem spektroskopi nuklir.

Dari analisis seperti di atas, maka energi yang diinterpretasi adalah energi 1173,16 keV dan 1332,52 keV. Hal tersebut berdasarkan asumsi bahwa pada pemancaran radiasi gamma (γ) dengan energi 1173,16 keV akan disertai energi 1332,52 keV. Adapun nuklida yang berpeluang adalah Fe-60, Cu-60, dan Co-60. Untuk menentukan salah satu dari ketiga nuklida tersebut, digunakan katalog radiasi gamma (γ) bagian II (halaman 218, Lampiran C). Dengan analisis hubungan kekerabatan untuk menuju pada keadaan stabil maka diduga bahwa nuklida yang terdeteksi oleh sistem spektroskopi nuklir adalah Co-60.



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

V.1 Simpulan

1. Spektrum yang tampak pada layar komputer, merupakan hasil interaksi antara radiasi gamma (γ) dengan detektor sintilasi NaI(Tl), kemudian diproses dengan menggunakan sistem spektroskopi nuklir.
2. Tingkat energi radiasi gamma (γ) sering tidak sama dengan tingkat energi yang terukur oleh sistem pengukur. Hasilnya dapat dilihat pada tabel IV.3, dan lampiran B (spektrum nuklida radioaktif).
3. Sumber radiasi gamma (γ) yang belum diketahui jenis nuklidanya (*unknown*), setelah dilakukan analisis, maka diketahui bahwa nuklida tersebut adalah Ba-137 dan Co-60.

V.2 Saran

Menurut kebiasaan dalam melakukan spektroskopi nuklir dilakukan pada jarak 10 cm antara sumber dengan detektor, karena jarak tersebut efektif untuk sebuah pencacahan. Namun belum dilakukan analisis yang lebih mendalam. Sehingga disarankan agar penelitian selanjutnya melakukan analisis yang lebih mendalam terhadap fenomena tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, (1999), "*Dasar Fisika Radiasi*", Makalah Pelatihan Pengukuran Radiasi Dan Spektroskopi Nuklir, PUSDIKLAT-BATAN, Jakarta.
2. Anonim,(1999), "*Deteksi Dan Pengukuran Radiasi*", Makalah Pelatihan Pengukuran Radiasi Dan Spektroskopi Nuklir, PUSDIKLAT-BATAN, Jakarta.
3. Anonim,(1988), "*Laboratory Manual For Nuclear Science*",Canberra, United State of Amerika.
4. Baiquni, A.,(1985), "*Fisika Modern*", Edisi Pertama, Balai Pustaka, Jakarta.
5. Beiser, A.,(1990), "*Konsep Fisika Modern*", Edisi Keempat, Terjemahan The How Liong, Erlangga, Bandung.
6. Holman, J. P.,(1985),"*Metode Pengukuran Teknik*", Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
7. Kaplan , I.,(1963), "*Nuclear Physics*", Second Edition, Addison-Wisley Publishing Company, Inc., Reading, Mass.
8. Krane, K.,(1992),"*Fisika Modern*", Edisi Pertama, Terjemahan Hans J Wospakrik, UI Press, Jakarta
9. Reus,U &Westmeier, W., (1983),"*Catalog Of Gamma Rays From Radioactive Decay, Part I &II*", Atomic Data and Nuclear Data Tables, Vol. 29. No. 1 July & September 1983, Academic Press, Inc.
10. Wiryosimin, S.,(1995), "*Mengenal Asas Proteksi Radiasi*", ITB, Bandung.

LAMPIRAN-LAMPIRAN



Dan Dia mengajarkan kepada Adam nama-nama (benda-benda) seluruhnya, kemudian mengerukakannya kepada Malaikat lalu berfirman: "Sebutkanlah kepada-Ku nama benda-benda itu jika kamu memang orang-orang yang benar!". (Q.S. Al Baqarah, Ayat 31).



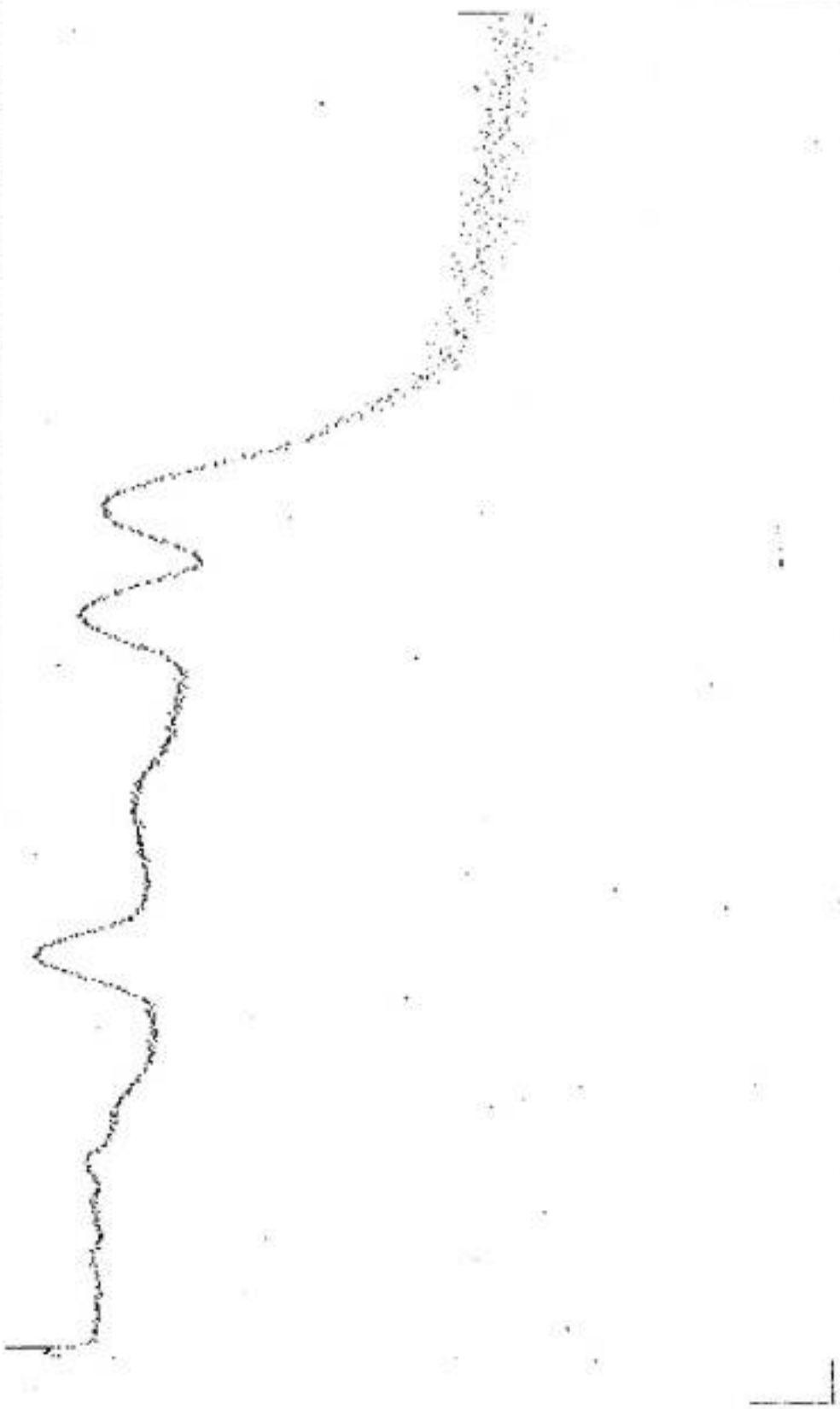
Lampiran A: Bentuk Spektrum Hasil Kalibrasi
Lampiran B: Bentuk Spektrum Nuklida Radioaktif
Lampiran C: ADANT Vol,29.No.1 1983
Lampiran D: Foto-foto

LAMPIRAN A

SPEKTRUM HASIL KALIBRASI

Spektrum Hasil Kalibrasi

01-Jan-80 01:22:44 SP= SILI/1 OFF CFS 8192/ALog CC 42/ 81.341



```

1. ACQUISITION
Chans      1024
LD=1      RD= 1024
Acq Start
          01-JAN-80
          07:11:49

ELAPSED
Live 00:05:00.00
Real 00:05:15.16
Totl

PRESET
Live 00:05:00.00
Real 00:20:00.00
Totl
Start      1
End       1024

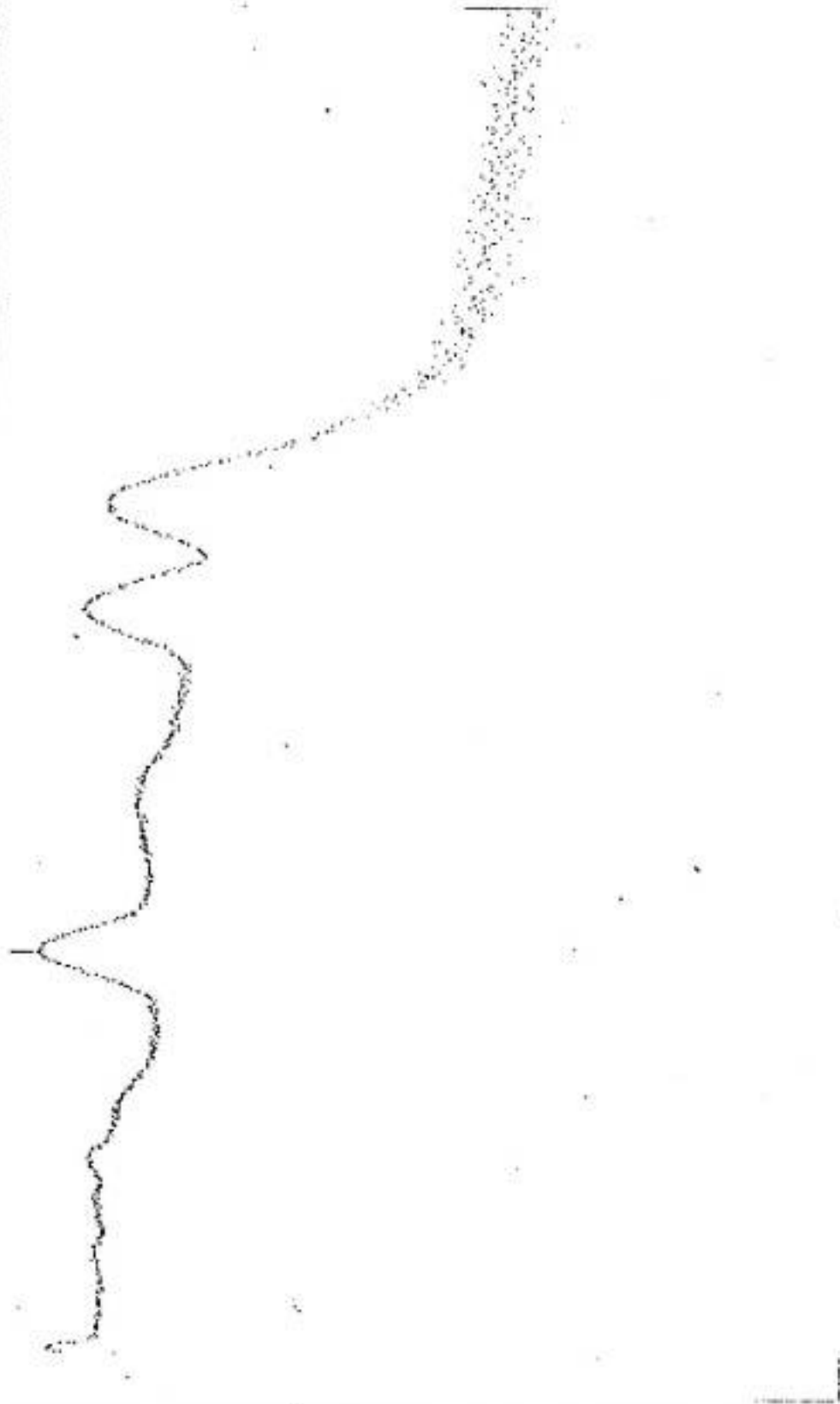
Dead Time  5%
    
```


Spektrum Hasil Kalibrasi

01-Jan-80 01:26:26 SP= SILI/1 OFF CFS 8192/ALog CC 330/ 659.763

2. DISPLAY
 SP= SILI/1
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LEner -1.0004
 REner 2053.600
 CFS 8192/ALo
 Base 0
 Energy Cal (keV)
 Zero -3.012
 Slope 2.000
 Quad 0.000E+000

OV= /
 Chans
 LD= RD=
 LEner
 REner
 CFS
 Base



Spektrum Hasil Kalibrasi

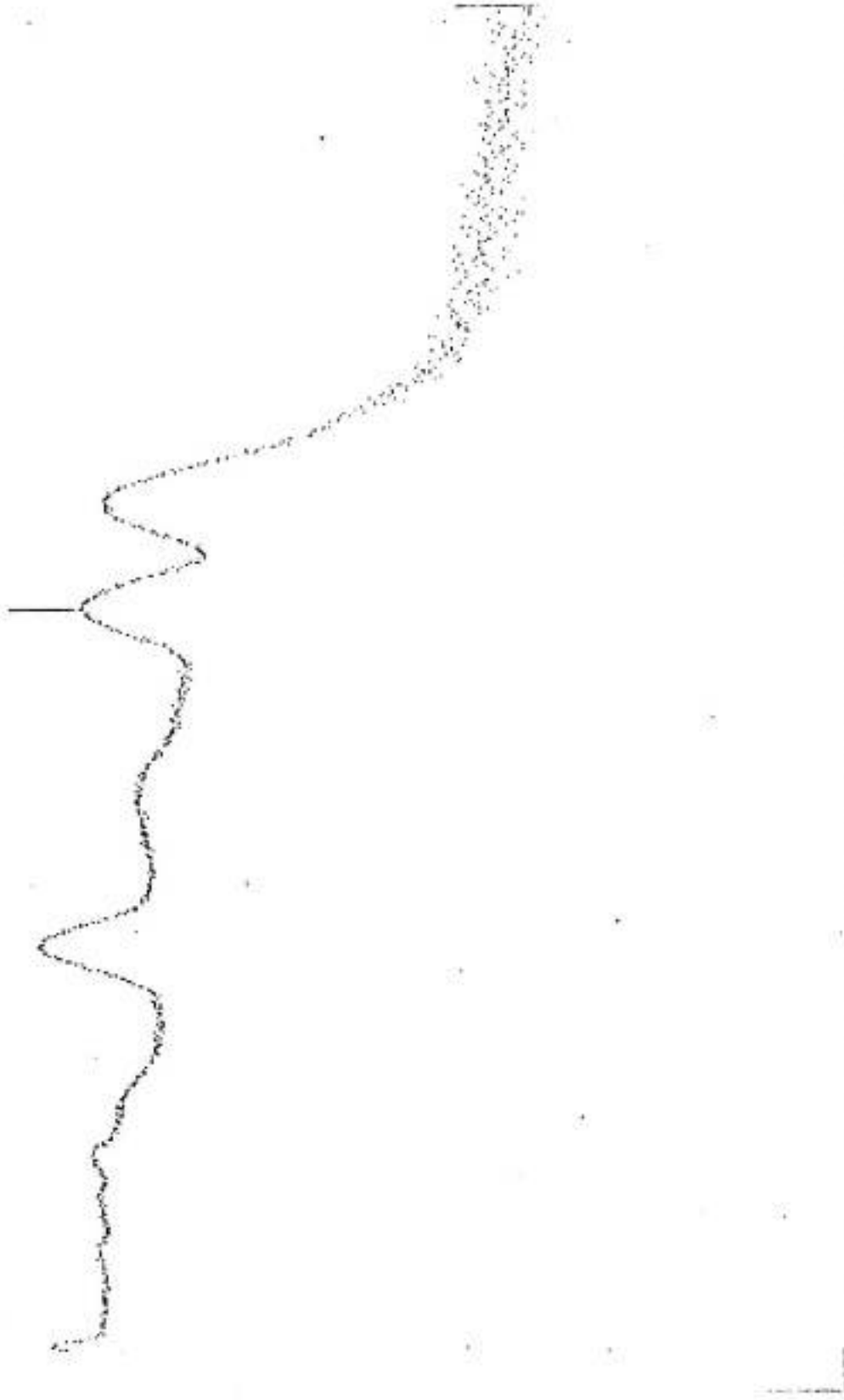
01-Jan-88 01:27:35 SP= SILI/1 OFF CFS 8192/ALog CC 578/1157.849

3. MARKERS/ROI
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=1 RM= 1024

CURSOR
 Chan 578
 Cnts 3459

TOTALS
 Totl 1433396
 Net 1425204
 Back 8192
 PChan 330
 PCnts 5712
 Counts per Sec
 Total 4777
 Net 4750

ROIs Defined 0



Spektrum Hasil Kalibrasi

01-Jan-80 01:29:13 SP= SILI/1 OFF CFS 8192/ALog CC 659/1320.530

4. PEAK DATA
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=1 RM= 1024
 Area 0
 %Err 0.000
 Cent Ch 0.000
 0.000 keV
 FWHM 0.000
 FWHM 0.000
 FWHM/FWHM 0.000
 Gauss Rat 0.000
 FWHM CAL
 Zero 2.955
 Slope 2.023



LAMPIRAN B

SPEKTRUM NUKLIDA RADIOAKTIF

Spektrum Nuklida Cs-137

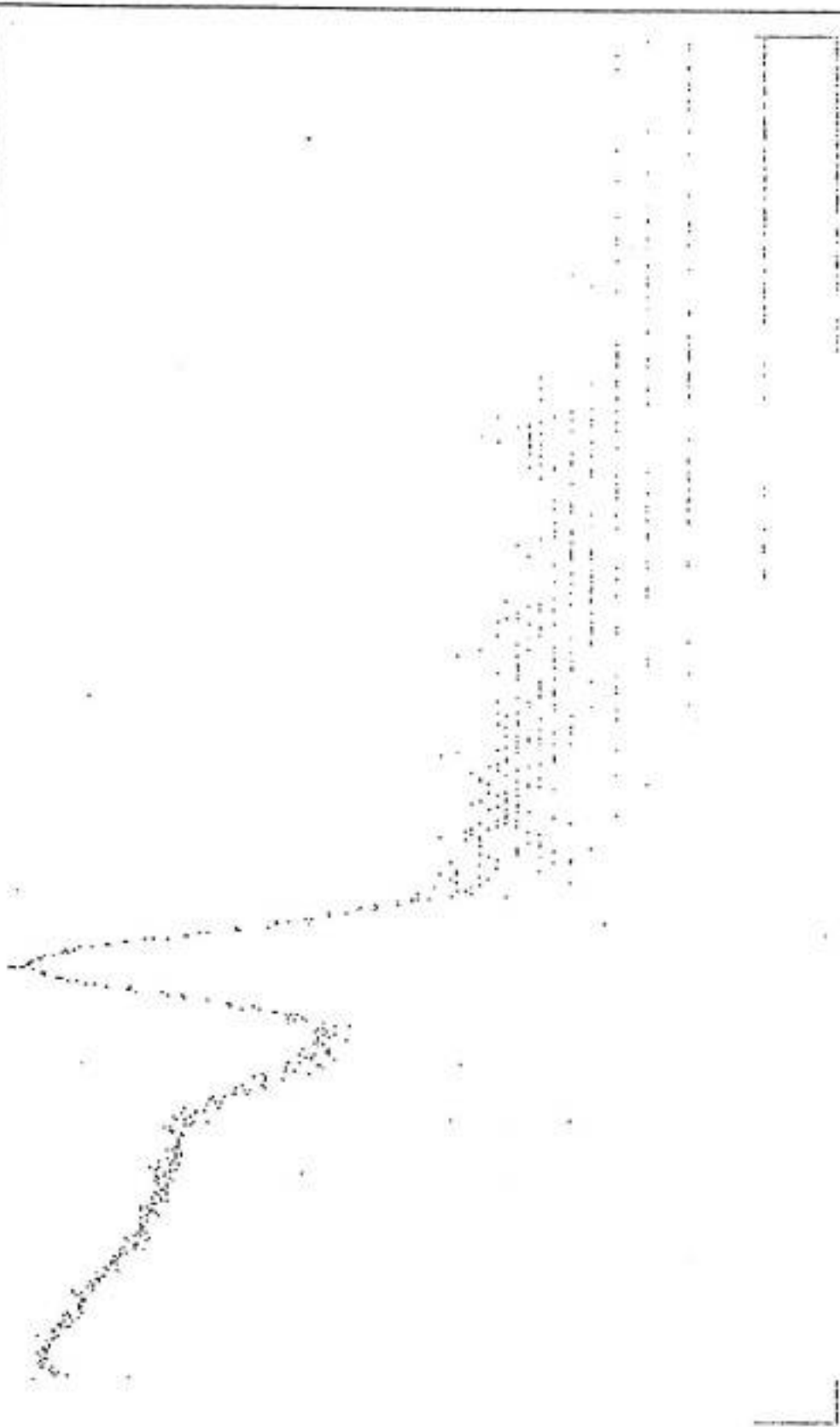
01-Jan-80 02:49:22 SP= SILI/1 OFF CFS 2048/ALog CC 336/ 669.476

```

1. ACQUISITION
Chans      1024
LD=1      RD= 1024
Acq Start
          01-JAN-80
          02:39:48

ELAPSED
Live 00:05:00.00
Real 00:05:01.04
Totl

PRESET
Live 00:05:00.00
Real 00:20:00.00
Totl
Start      1
End        1024
    
```



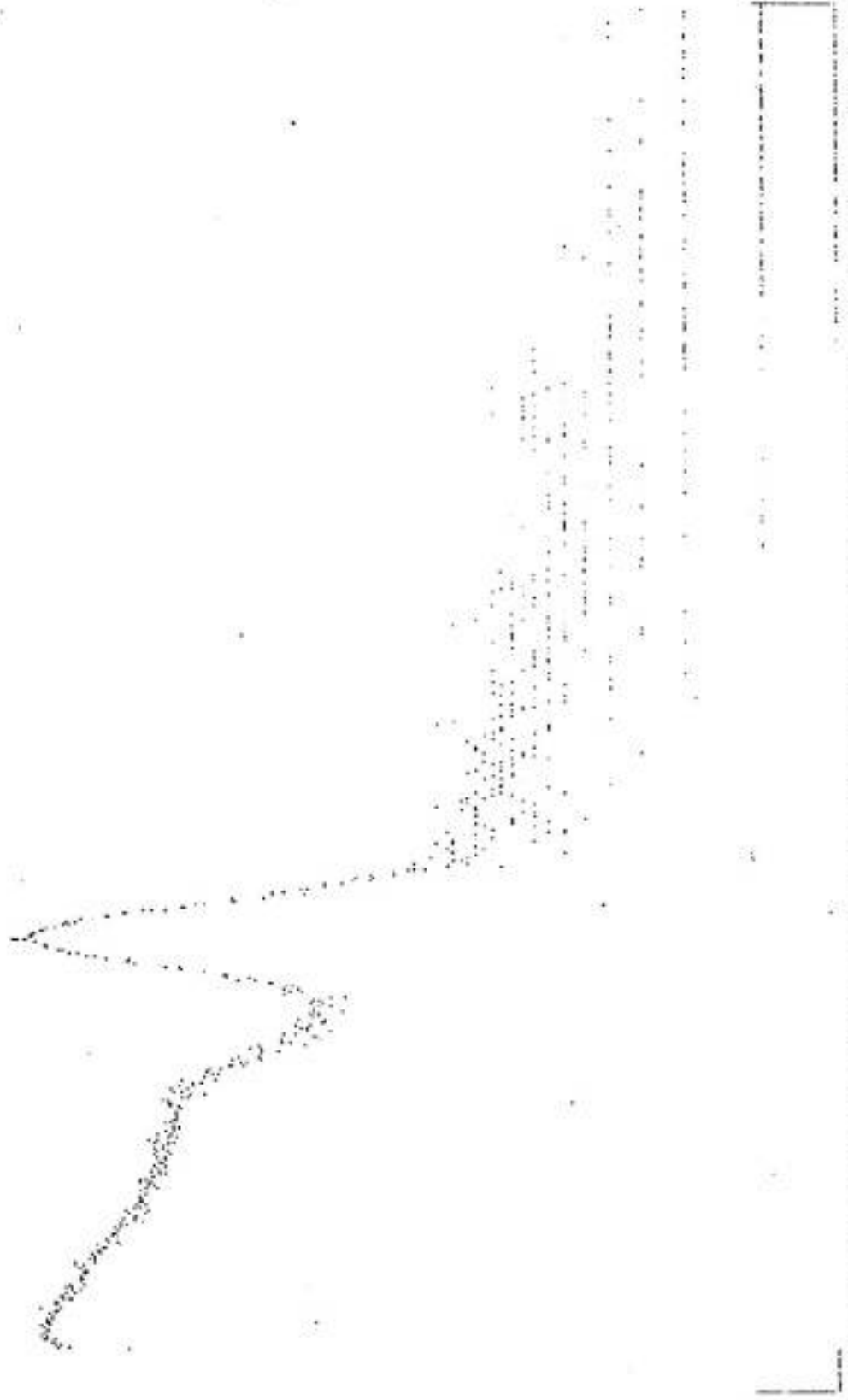
Dead Time 0%

Spektrum Nuklida Cs-137

01-Jan-80 02:50:14 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 336/ 669.476

2. DISPLAY
 SP= SILI/1
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LEner -1.037
 REner 2046.530
 CFS 1024/ALo
 Base 0
 Energy Cal (keV)
 Zero -3.039
 Slope 2.002
 Quad 0.000E+000

OV= /
 Chans.
 LD= RD=
 LEner
 REner
 CFS
 Base



Spektrum Nuklida Cs-137

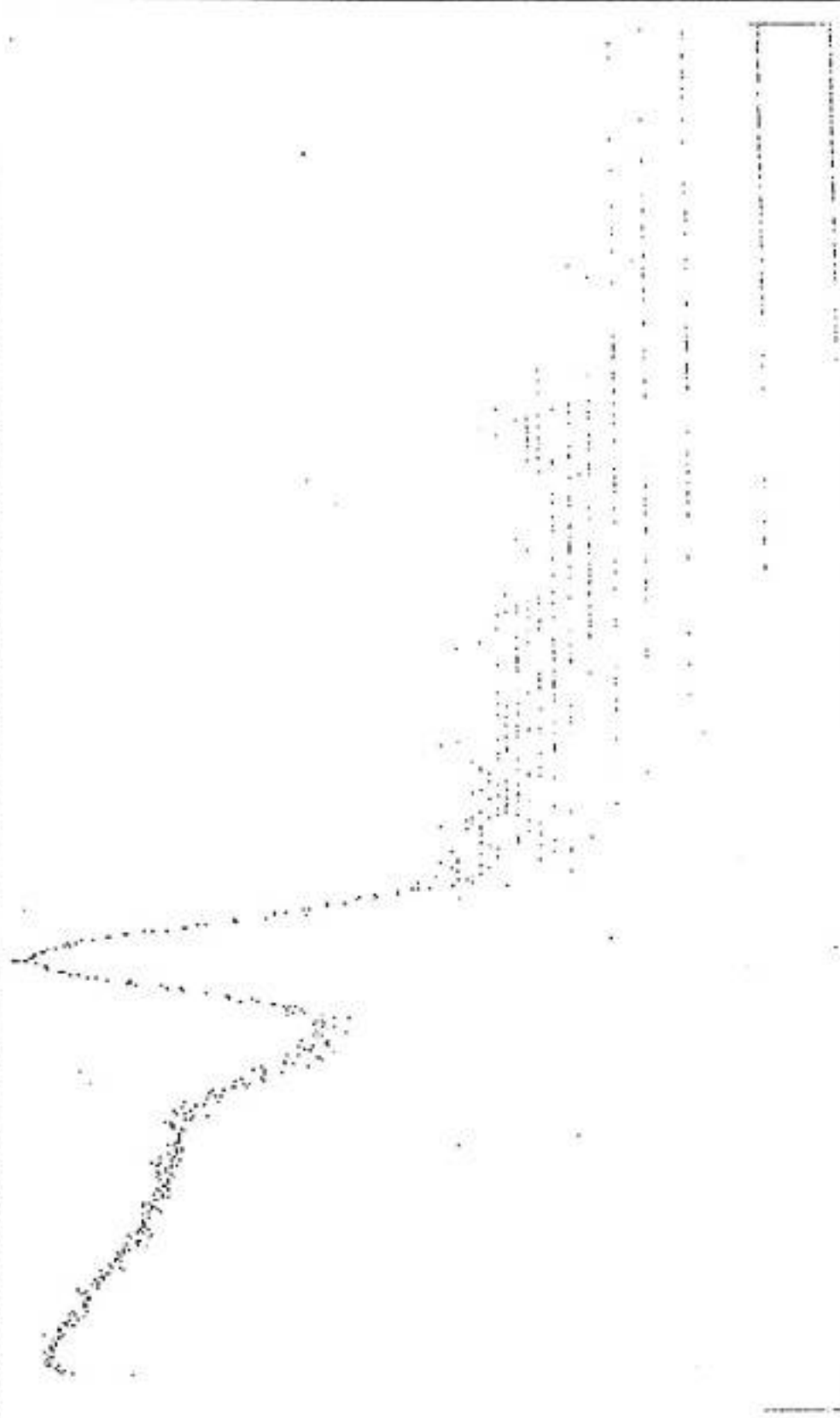
01-Jan-80 02:50:56 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 336/ 669.476

3. MARKERS/ROI
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=1 RM= 1024

CURSOR
 Chan 336
 Cnts 873

TOTALS
 Totl 115764
 Net 115764
 Back 0
 PChan 336
 PCnts 873
 Counts per Sec
 Total 385
 Net 385

ROIs Defined 1



Spektrum Nuklida Cs-137

01-Jan-80 02:52:06 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 336/ 669.476

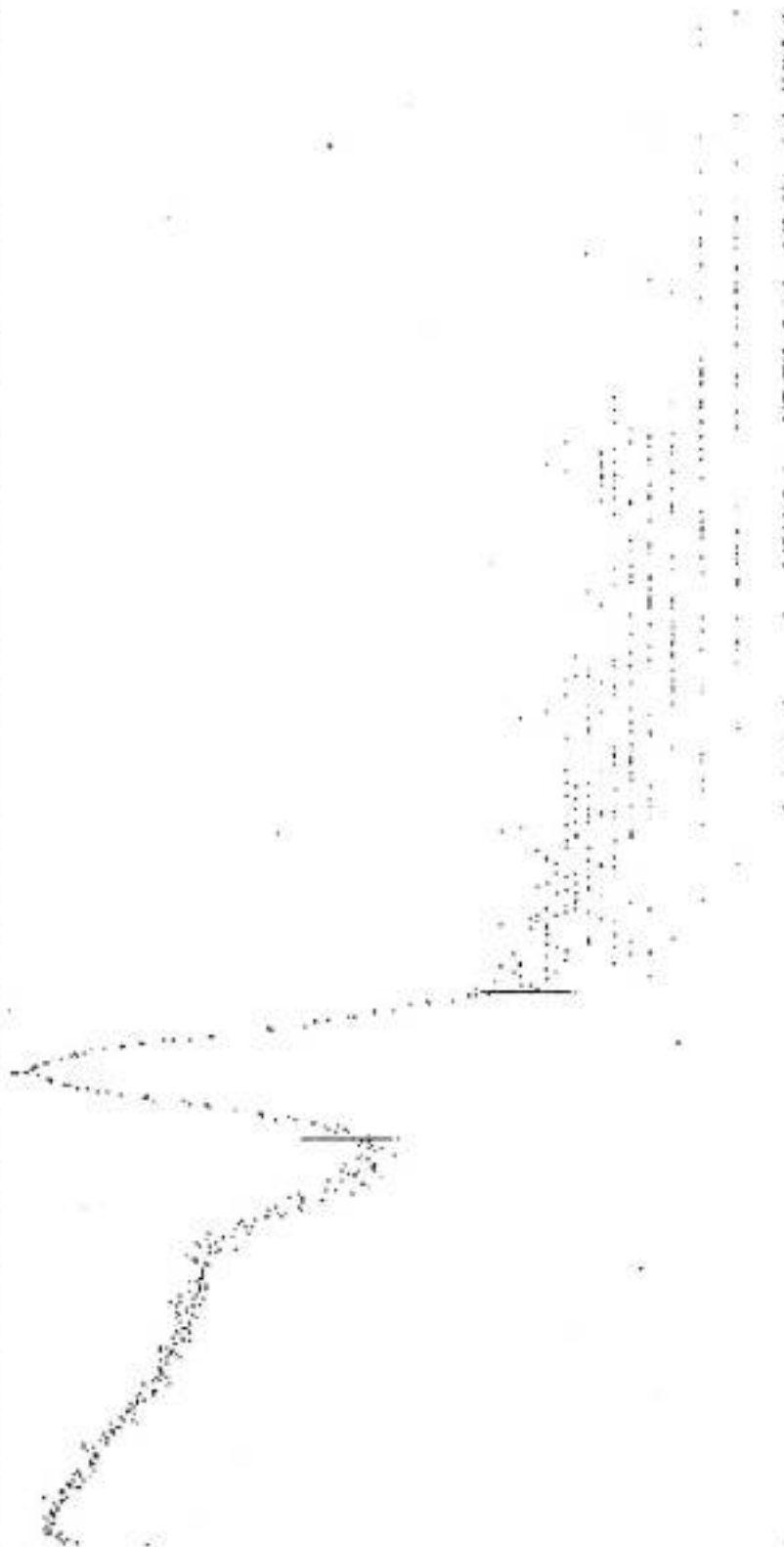
4. PEAK DATA
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=292 RM= 388

Area 25722
 %Err 1.123

Cent Ch 336.341
 670.159 keV

FWHM 57.448
 FWHM 115.604
 FWHM/FWHM 2.012
 Gauss Rat 1.104

FWHM CAL
 Zero -2.218
 Slope 2.164



Spektrum Nuklida Ba-133

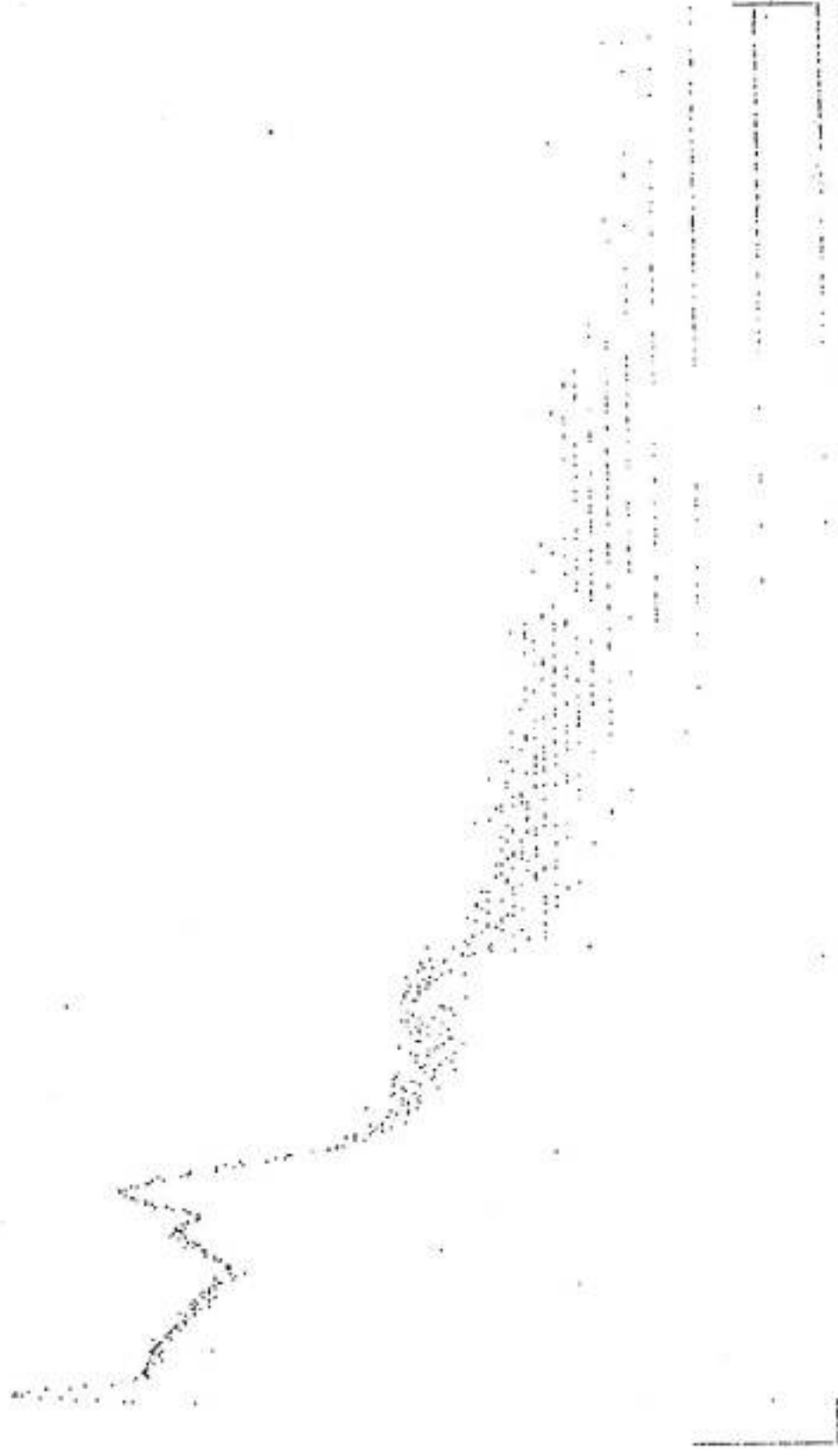
01-Jan-80 02:28:39 SP= SILI/1 OFF CFS 16384/ALog CC 1/ -1.037

1. ACQUISITION
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 Acq Start
 01-JAN-80
 01:53:47

ELAPSED
 Live 00:05:00.00
 Real 00:05:00.95
 Totl

PRESET
 Live 00:05:00.00
 Real 00:20:00.00
 Totl
 Start 1
 End 1024

Dead Time 0%

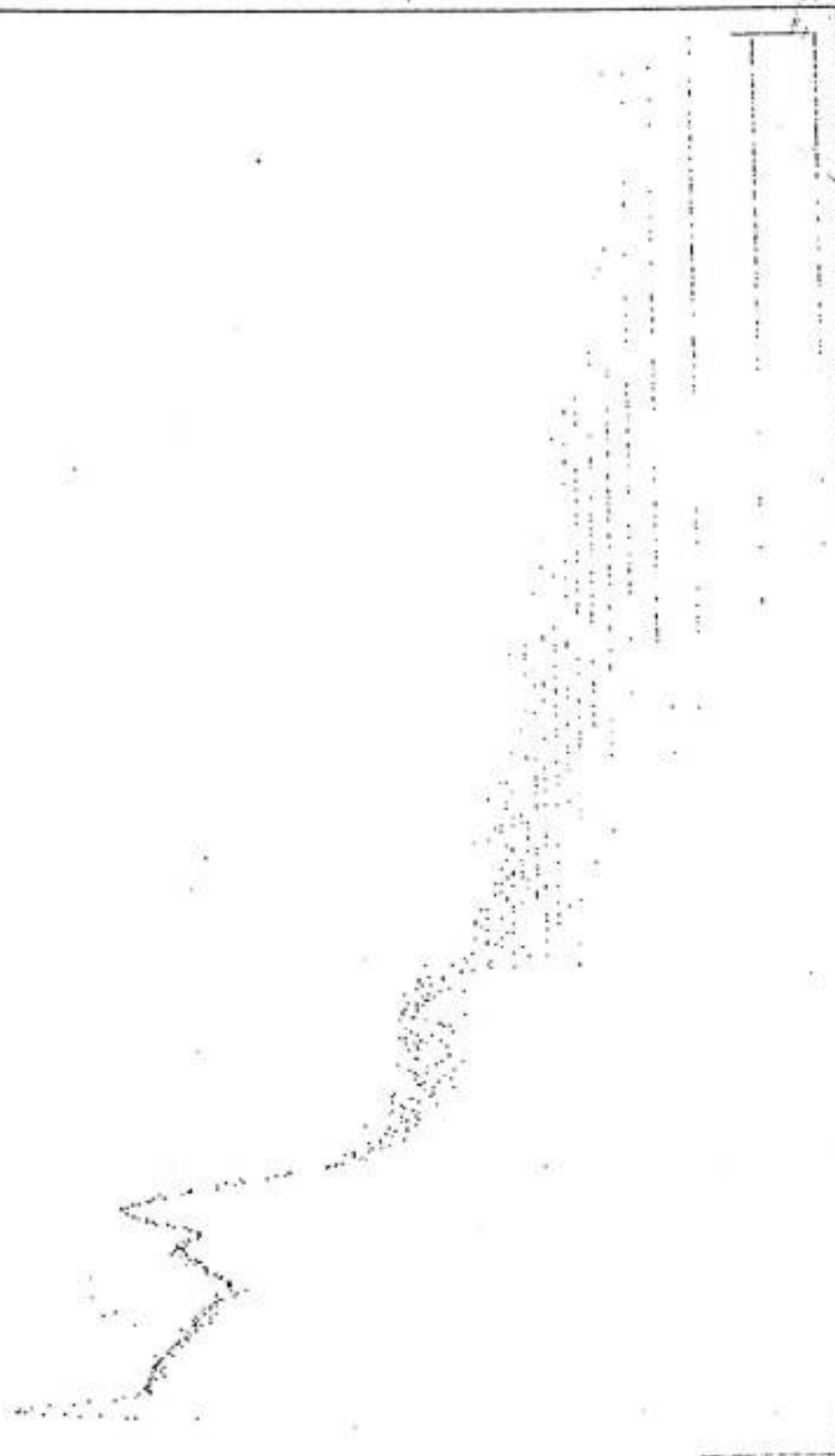


Spektrum Nuklida Ba-133

01-Jan-80 02:29:26 SP= SILI/1 OFF CFS 4096/ALog CC 1/ -1.037

2. DISPLAY
 SP= SILI/1
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LEner -1.037
 REner 2046.530
 CFS 4096/ALo
 Base 0
 Energy Cal (keV)
 Zero -3.039
 Slope 2.002
 Quad 0.000E+000

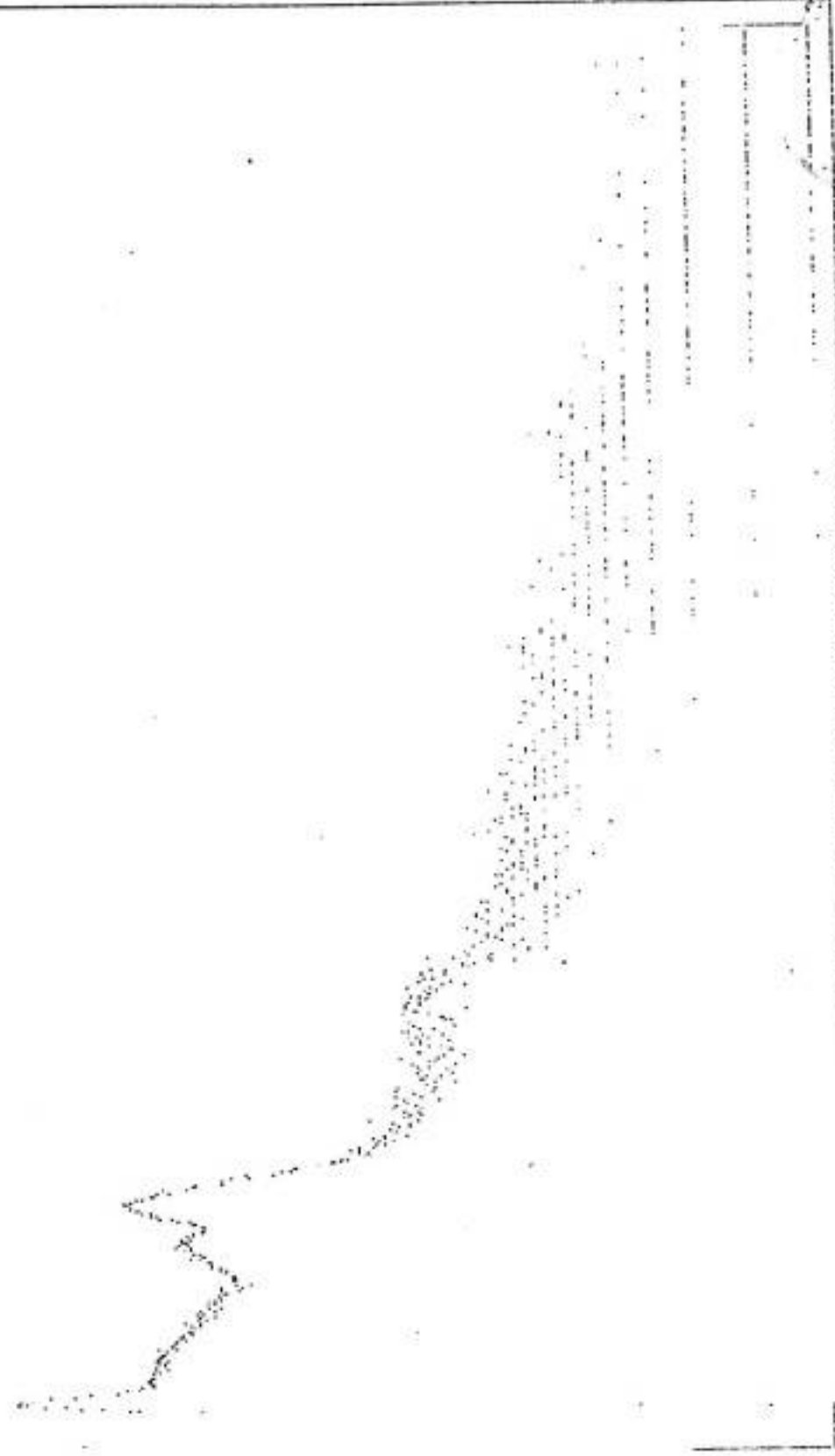
OV= /
 Chans
 LD= RD=
 LEner
 REner
 CFS
 Base



Spektrum Nuklida Ba-133

01-Jan-80 02:31:11 SP= SILI/1 OFF CFS 4096/ALog CC 1/ -1.037

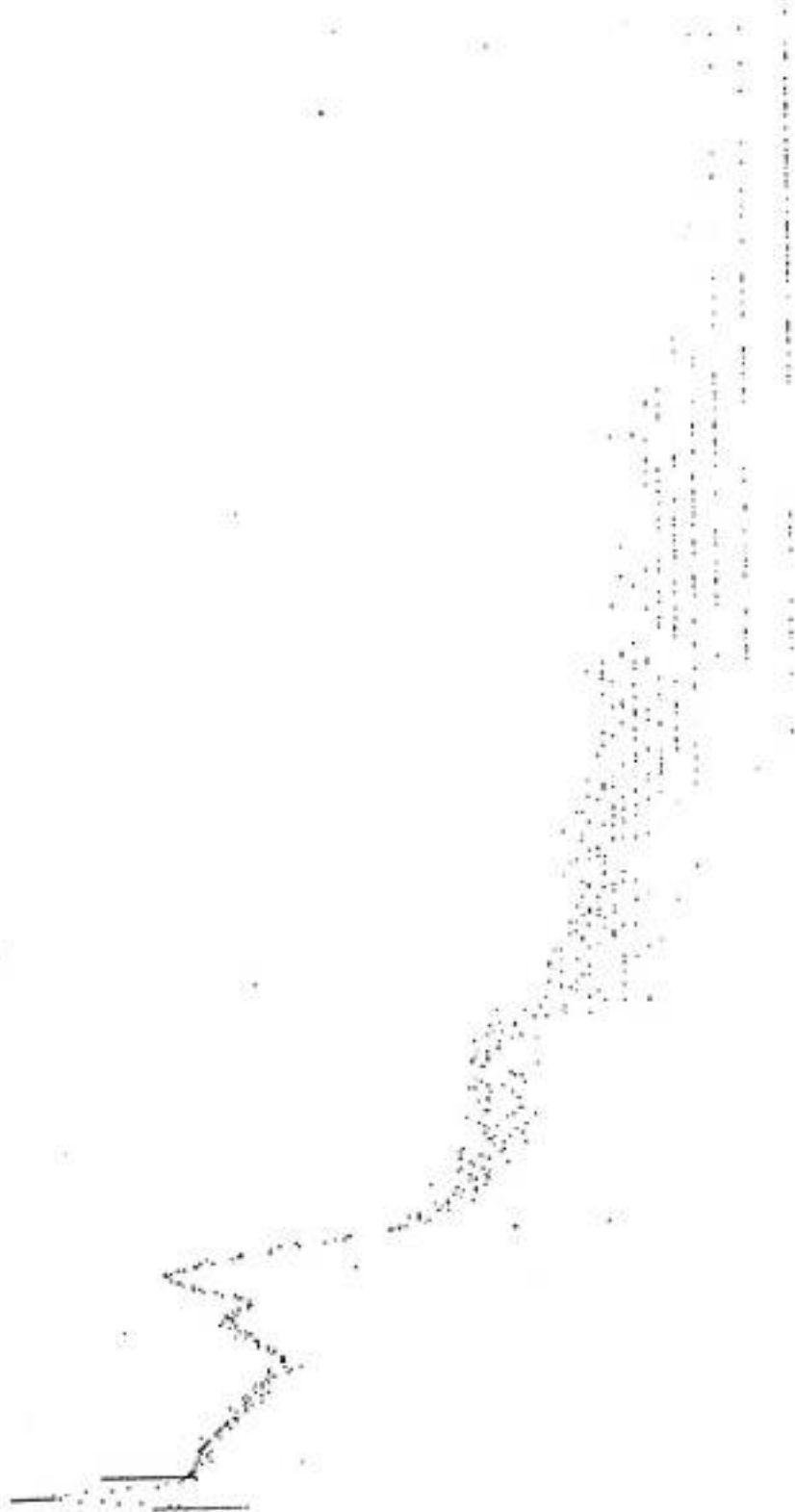
3. MARKERS/ROI
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=1 RM= 1024
 CURSOR
 Chan 1
 Cnts 0
 TOTALS
 Totl 113752
 Net 113752
 Back 0
 PChan 44
 PCnts 2668
 Counts per Sec
 Total 379
 Net 379
 ROIs Defined 3



Spektrum Nuklida Ba-133

01-Jan-80 02:33:19 SP= SILI/1 OFF CFS 4096/ALog CC 42/ 81.025

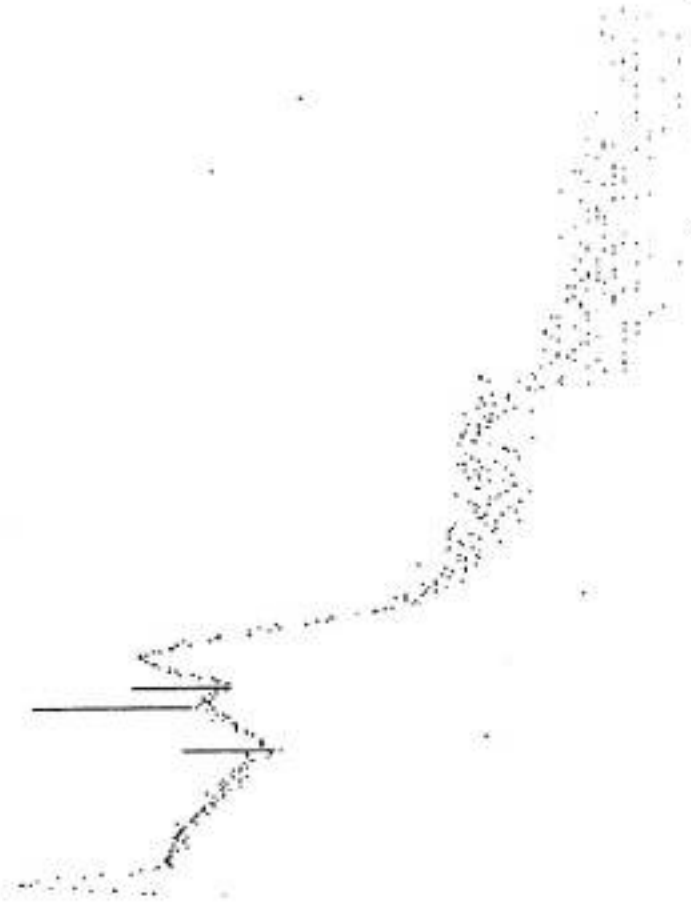
4. PEAK DATA
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=35 RM= 56
 Area 21897
 %Err 1.158
 Cent Ch 43.366
 83.760 keV
 FWHM 17.387
 FWHM 33.587
 FWHM/FWHM 1.932
 Gauss Res 1.060
 FWHM CAL
 Zero -2.218
 Slope 2.164



Spektrum Nuklida Ba-133

01-Jan-80 02:34:22 SP= SILI/1 OFF CFS 4336/01.04 CC 153/ 303.195

4. PEAK DATA
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=126 RM= 165
 Area 2035
 %Err 15.955
 Cent Ch 153.280
 303.755 keV
 FWHM 32.453
 FWTM 56.581
 FWTM/FWHM 1.743
 Gauss Rat 0.956
 FWHM CAL
 Zero -2.218
 Slope 2.164

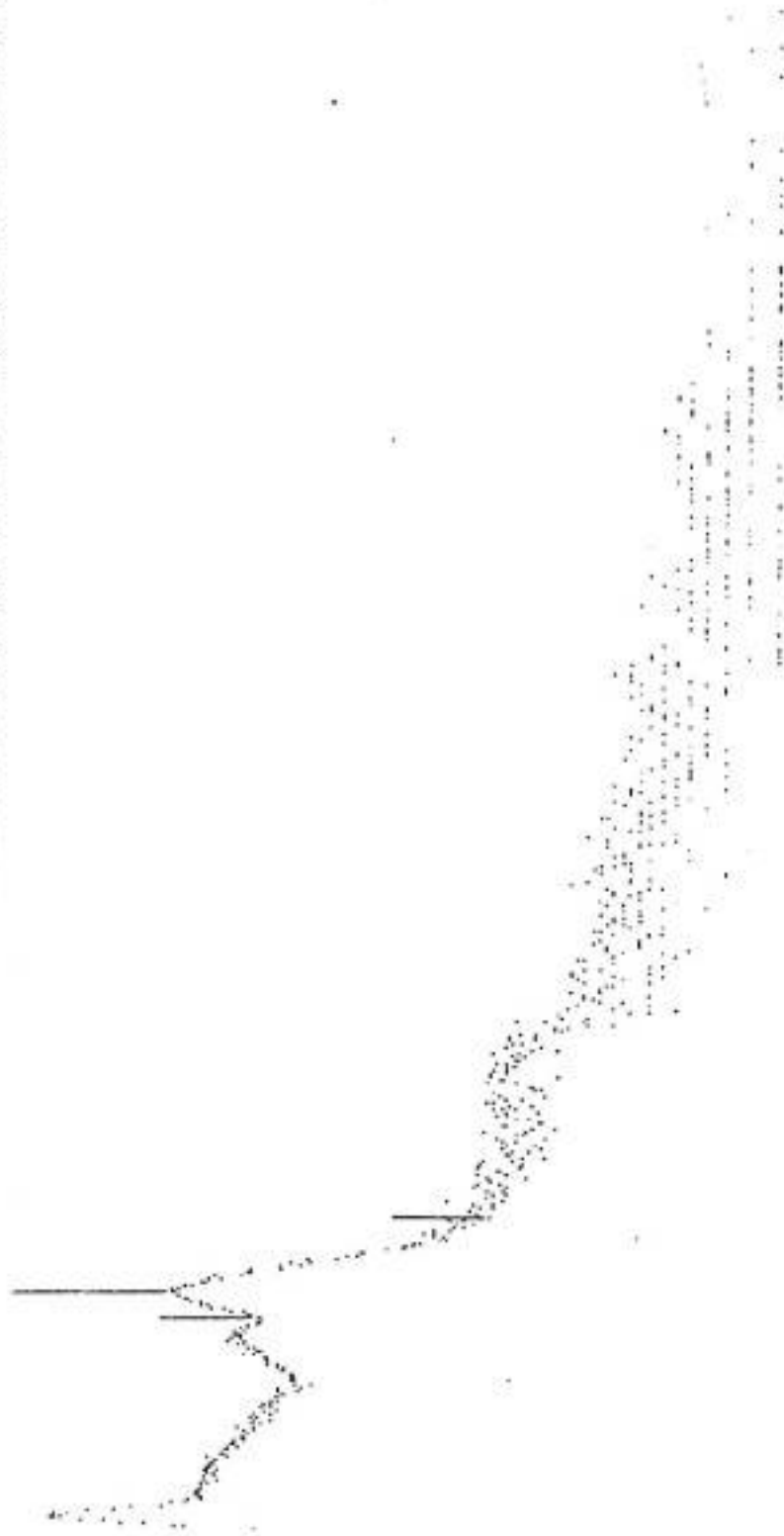


153

Spektrum Nuklida Ba-133

01-Jan-88 02:35:52 SP= SILI/1 OFF CFS 4096/ALog CC 183/ 363.241

4. PEAK DATA
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=168 RM= 232
 Area 9779
 %Err 4.354
 Cent Ch 182.518
 362.277 keV
 FWHM 37.762
 FWTM 64.095
 FWTM/FWHM 1.697
 Gauss Rat 0.931
 FWHM CAL
 Zero -2.218
 Slope 2.164



Spektrum Nuklida Co-60

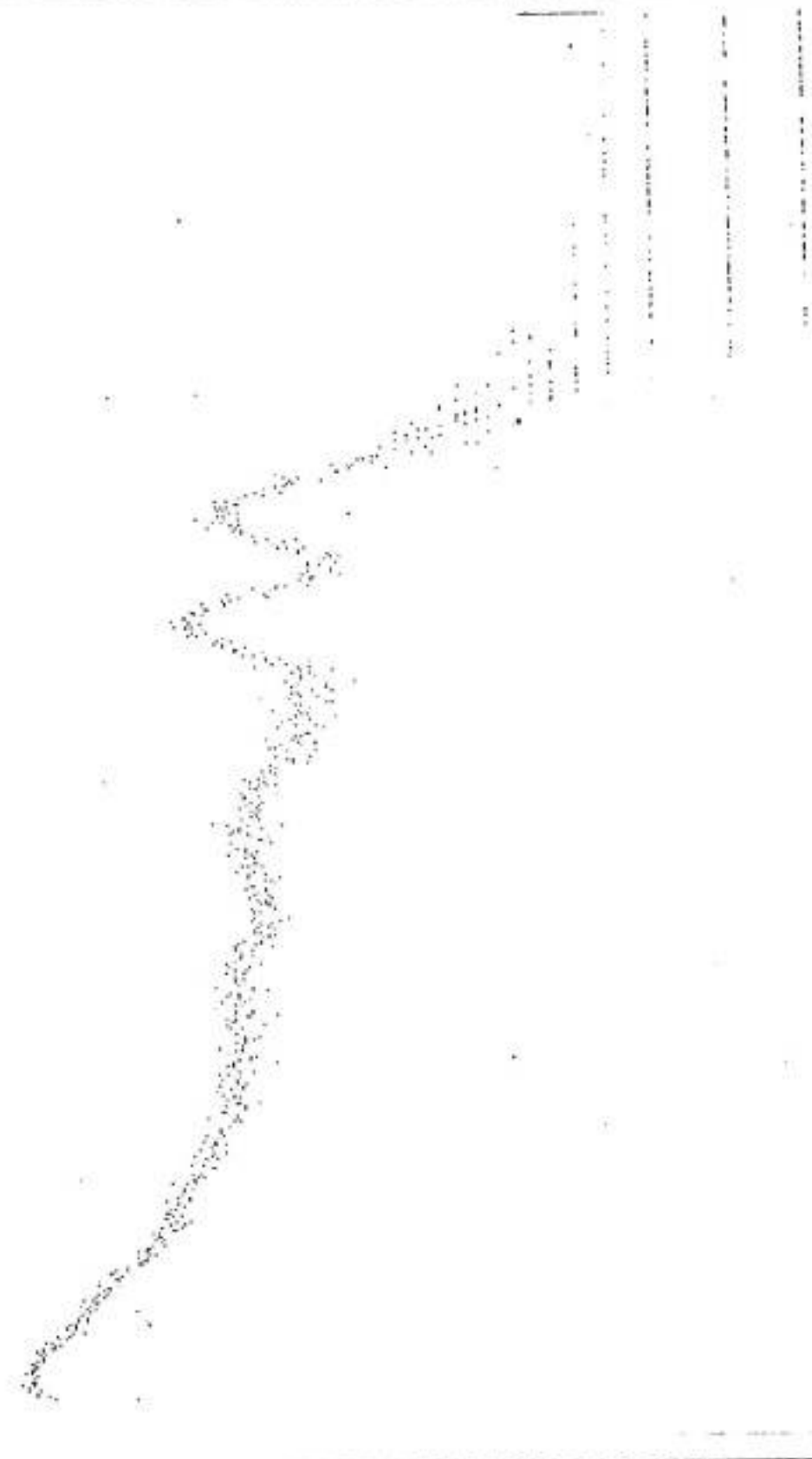
11-11-88 03:03:22 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 1/ -1.037

ACQUISITION
 Chan# 1024
 IP# RD# 1024
 Run Start
 01-JAN-88
 02:57:00

Event 1024
 Live 44.45.00.00
 Real 44.45.00.94
 Total

PHC
 Li
 Rea
 Toti.
 Start
 End

Dead Time 0%

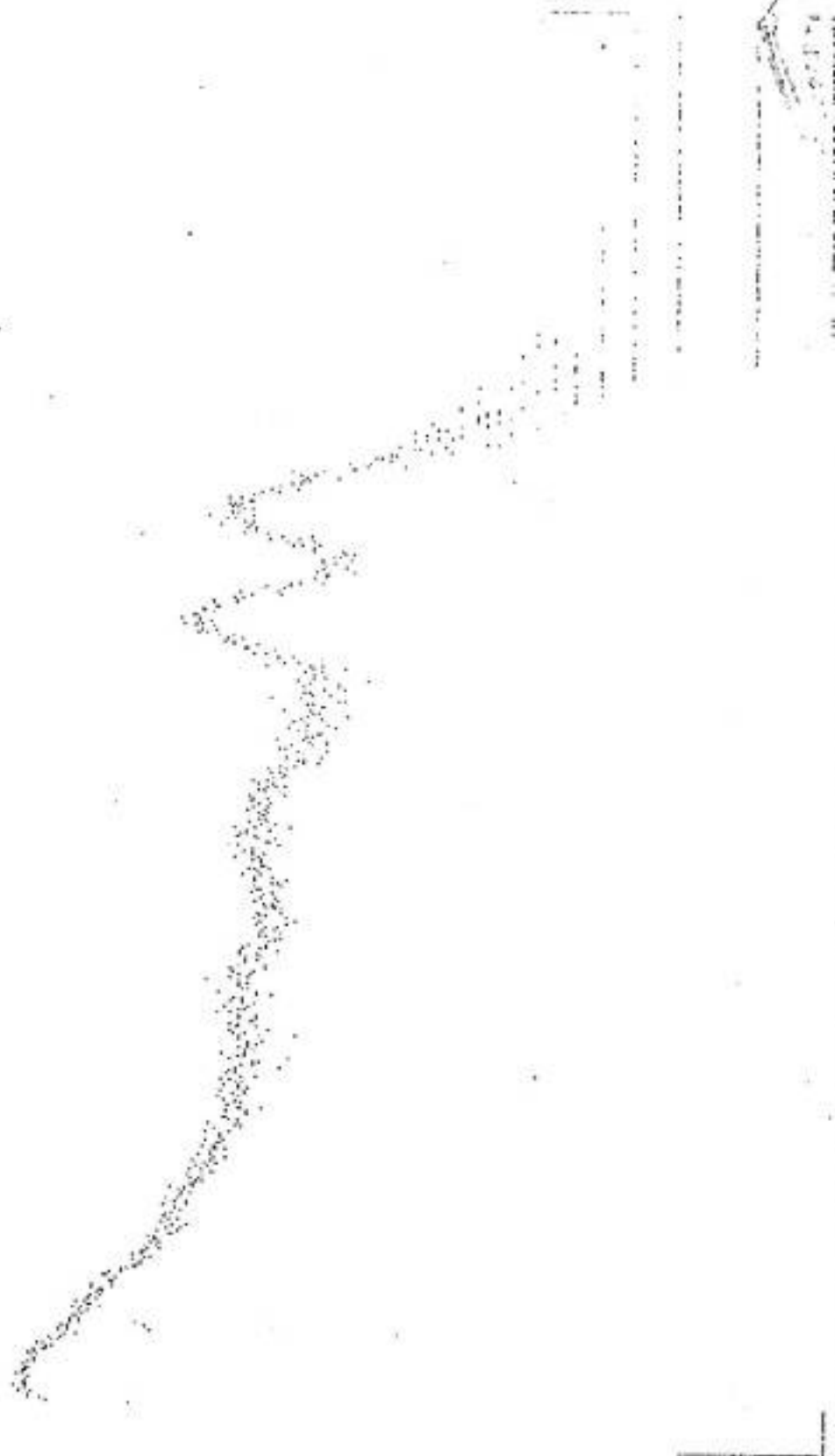


Spektrum Nuklida Co-60

01-Jan-80 03:04:35 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 1/ -1.037

2. DISPLAY
 SP= SILI/1
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LEner -1.037
 REner 2046.530
 CFS 1024/ALo
 Base 0
 Energy Cal (keV)
 Zero -3.039
 Slope 2.002
 Quad 0.000E+000

OV= /
 Chans
 LD= RD=
 LEner
 REner
 CFS
 Base



Spektrum Nuklida Co-60

01-Jan-88 03:10:13 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 588/1173.862

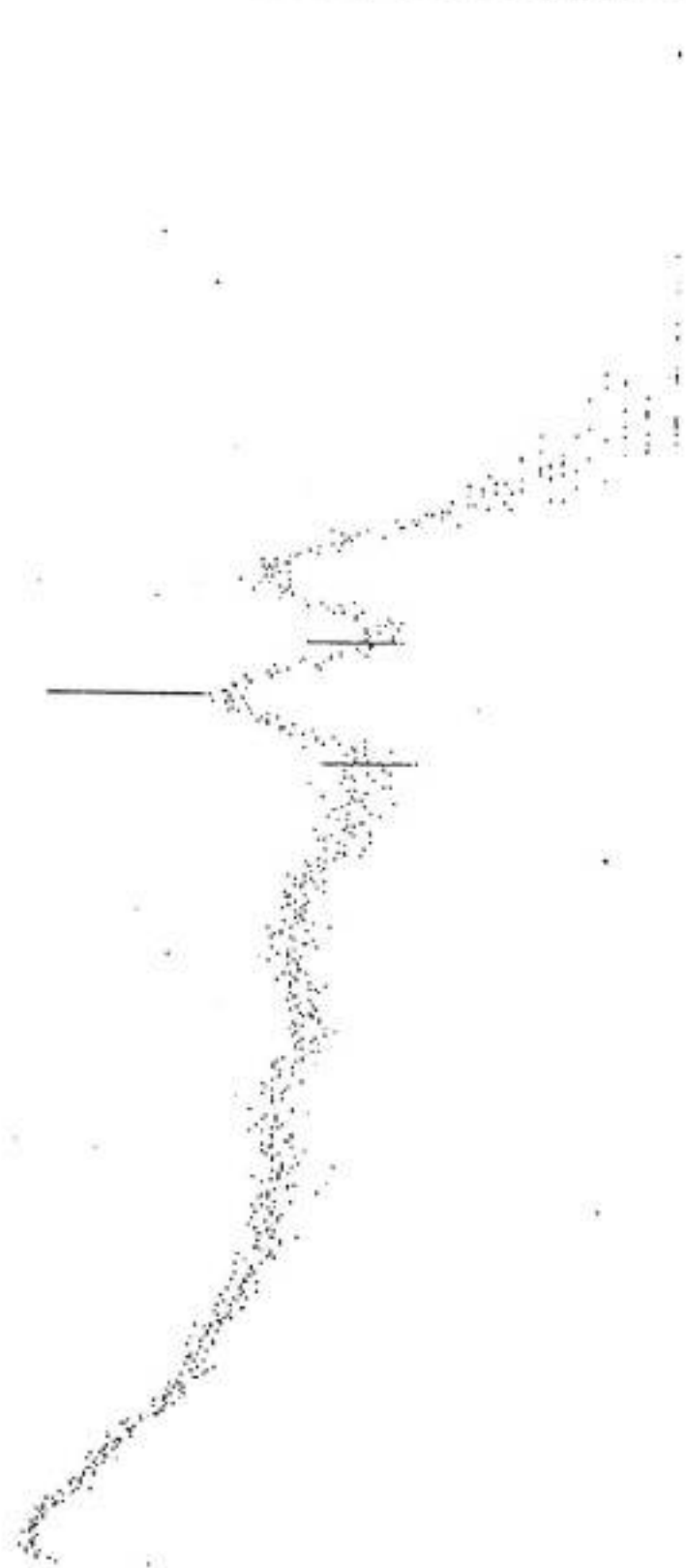
4. PEAK DATA
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=544 RM= 622

Area 3857
 %Err 5.792

Cent Ch 585.309
 1168.476 keV

FWHM 61.927
 FWHM 141.220
 FWHM/FWHM 2.280
 Gauss Rat 1.251

FWHM CAL
 Zero -2.218
 Slope 2.164



Handwritten signature or initials

Spektrum Nuklida Co-60

01-Jan-80 03:13:22 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/AL79 CC 666/1329.981

4. PEAK DATA

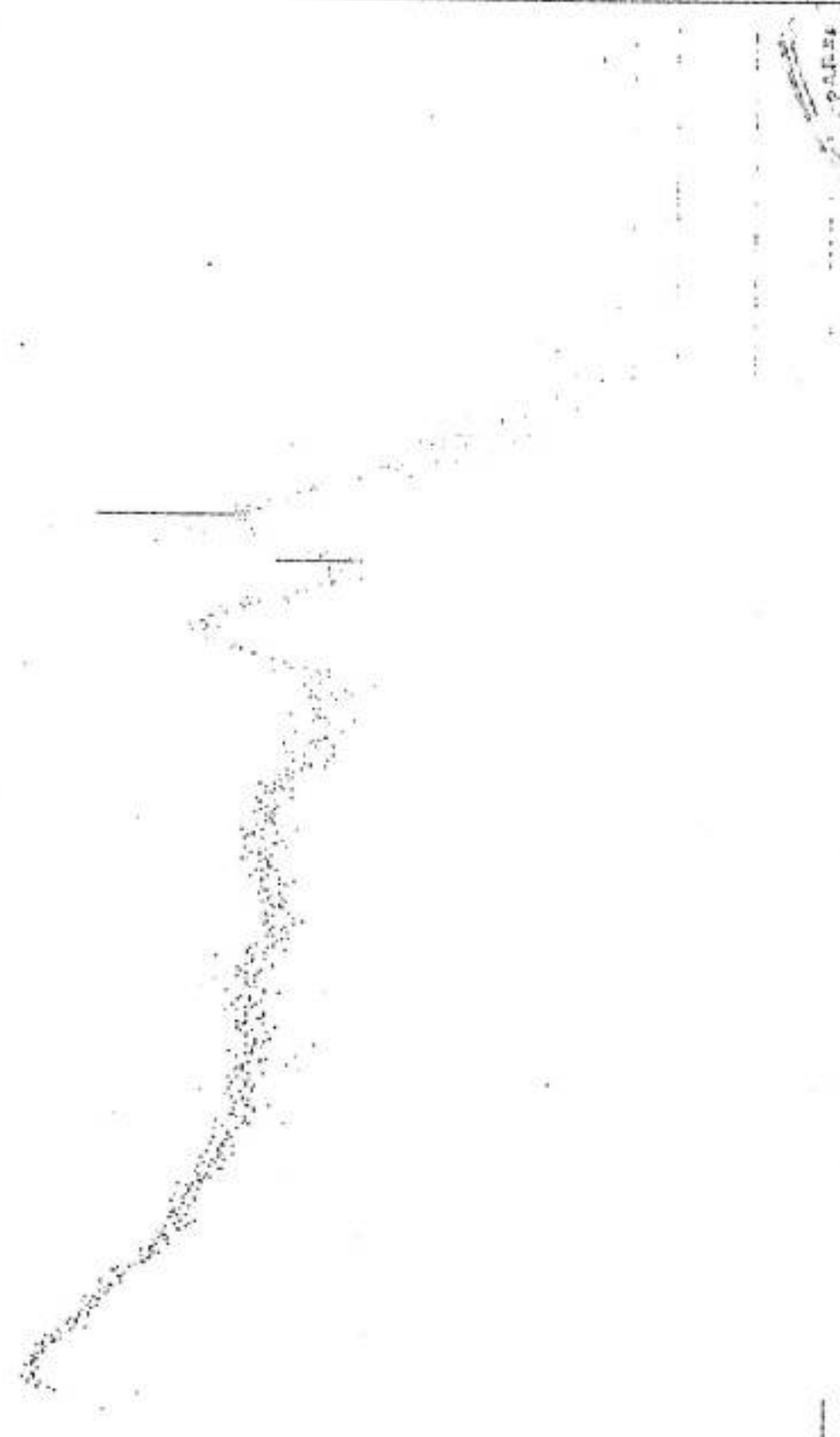
Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=634 RM= 726

Area 2958
 %Err 6.914

Cent Ch 667.032
 1332.047 keV

FWHM 61.338
 FWHM 135.120
 FWHM/FWHM 2.203
 Gauss Rat 1.208

FWHM CAL
 Zero -2.218
 Slope 2.164



Spektrum Nuklida Na-22

01-Jan-80 05:07:44 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 1/ -1.037

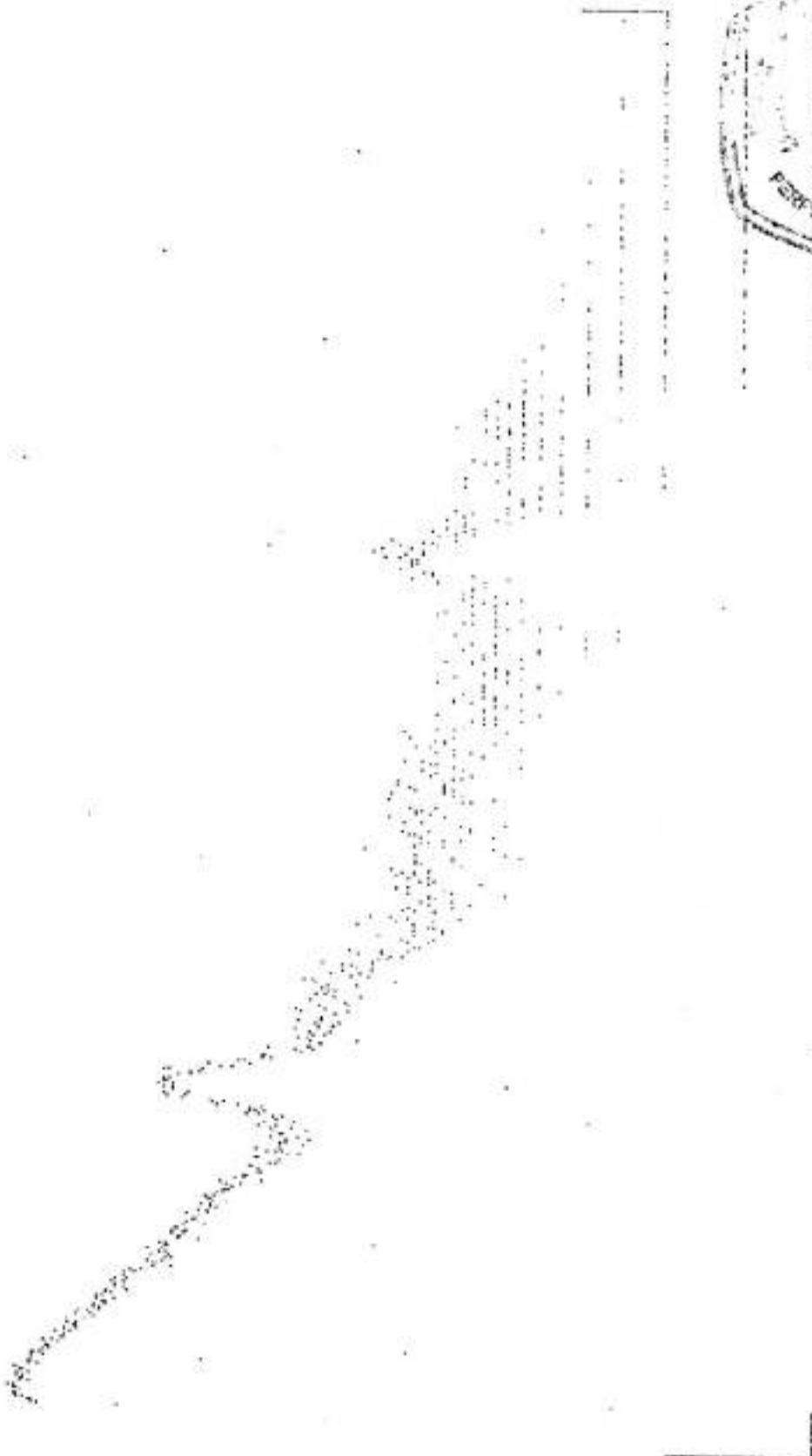
1. ACQUISITION
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 Acq Start

01-JAN-80
 03:24:27

ELAPSED
 Live 00:05:00.00
 Real 00:05:00.54
 Totl

PRESET
 Live 00:05:00.00
 Real 00:20:00.00
 Totl
 Start 1
 End 1024

Dead Time 0%



Spektrum Nuklida Na-22

01-Jan-88 05:08:28 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 1/ -1.037

2. DISPLAY
 SP= SILI/1
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LEner -1.037
 REner 2046.530
 CFS 1024/ALo
 Base 0
 Energy Cal (keV)
 Zero -3.039
 Slope 2.002
 Quad 0.000E+000

OV= /
 Chans
 LD= RD=
 LEner
 REner
 CFS
 Base



Spektrum Nuklida Na-22

01-Jan-80 05:08:29 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 1/ -1.037

2. DISPLAY
 SP= SILI/1
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LEner -1.037
 REner 2046.530
 CFS 1024/ALo
 Base 0
 Energy Cal (keV)
 Zero -3.039
 Slope 2.002
 Quad 0.000E+000

OV= /
 Chans
 LD= RD=
 LEner
 REner
 CFS
 Base



UPT
 PERPUSTAKAAN

Spektrum Nuklida Na-22

01-Jan-88 05:09:11 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC i/ -1.037

3. MARKERS/ROI
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=1 RM= 1024

CURSOR
 Chan 1
 Cnts 0

TOTALS
 Totl 62980
 Net 61956
 Back 1024
 PChan 49
 PCnts 638
 Counts per Sec
 Total 209
 Net 206

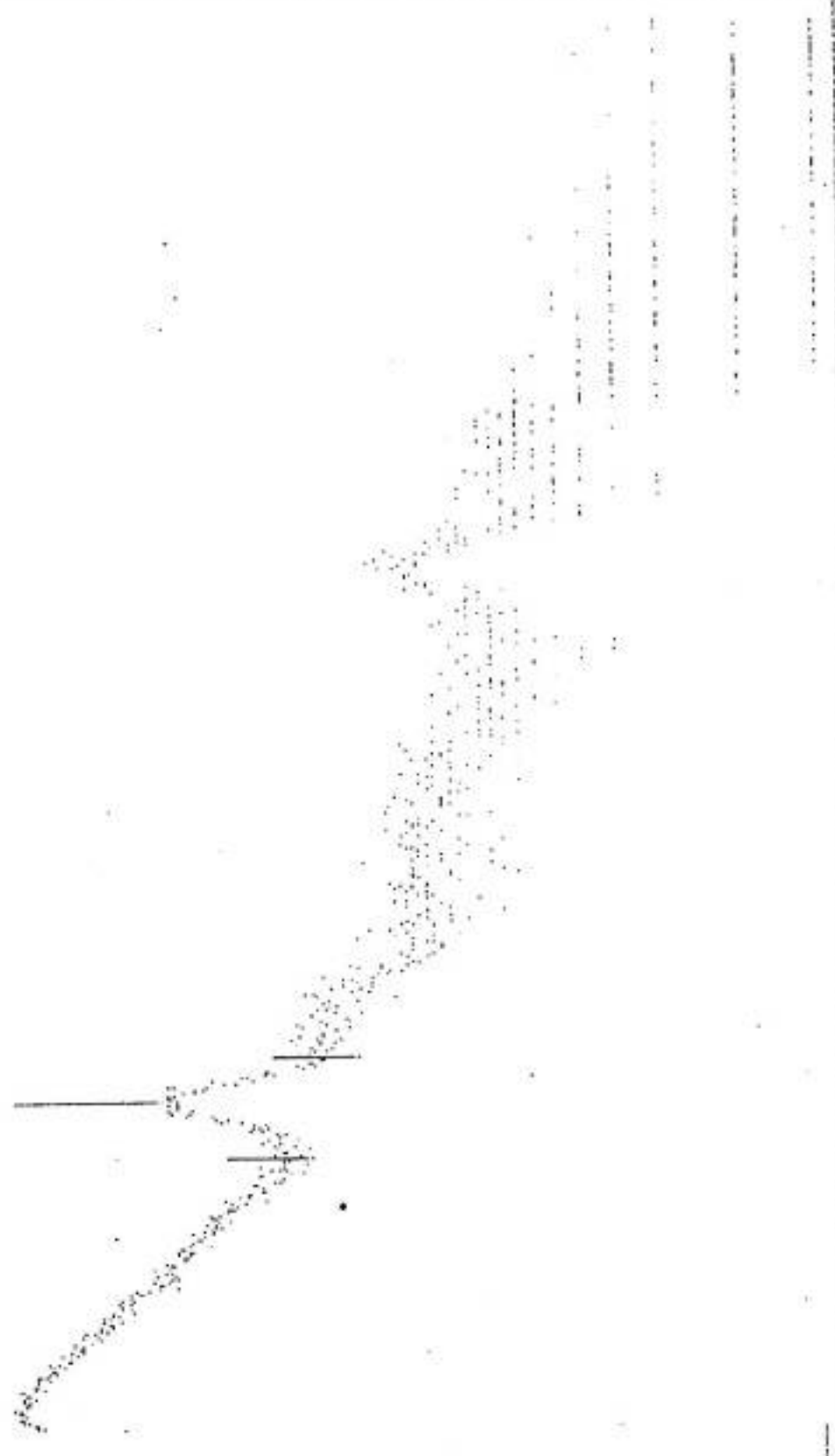
ROIs Defined 0



Spektrum Nuklida Na-22

01-Jan-80 05:03:33 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 260/ 517.359

4. PEAK DATA
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=222 RM= 291
 Area 3198
 %Err 6.579
 Cent Ch 260.180
 517.720 keV
 FWHM 50.279
 FWHM 102.699
 FWHM FWHM 2.043
 Gauss Rat 1.120
 FWHM CAL
 Zero -2.218
 Slope 2.154



Spektrum Nuklida Na-22

01-Jan-88 05:02:43 SP= SILI/1 OFF CFS 1024/ALog CC 637/1271.937

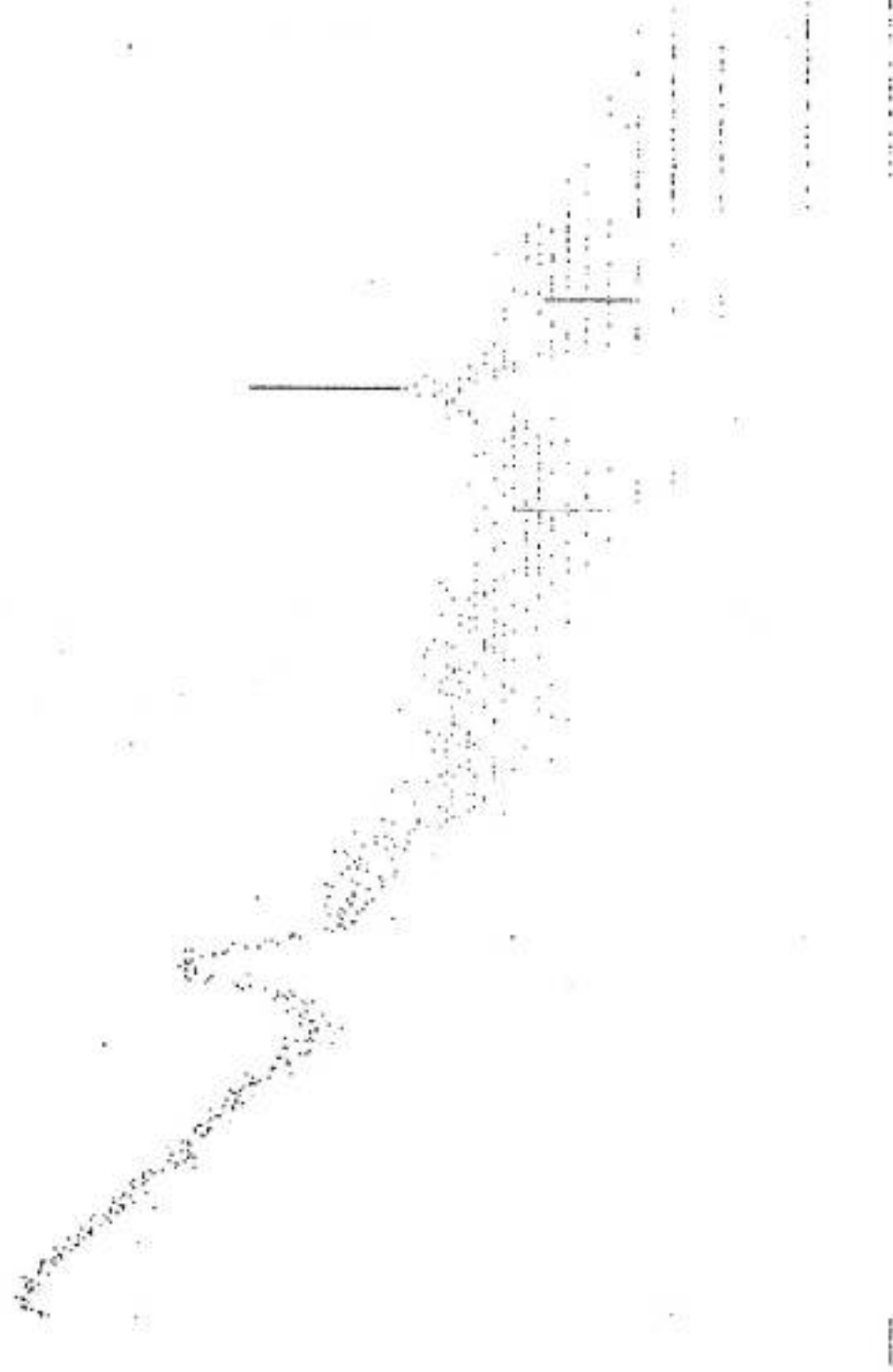
4. PEAK DATA
 Chans 1024
 LD=1 RD= 1024
 LM=559 RM= 696

Area 765
 %Err 17.723

Cent Ch 631.865
 1261.658 keV

FWHM 64.731
 FWHM 265.465
 FWHM/FWHM 4.181
 Gauss Rat 2.258

FWHM CAL
 Zero -2.218
 Slope 2.164



1261.658 keV
 637/1271.937

LAMPIRAN C

ATOMIC DATA AND NUCLEAR DATA TABEL

- PART I. VOL. 29. NO.1, JULY 1983
- PART II. VOL.29. NO.1, SEPTEMBER 1983

Gamma Rays Ordered by Energy

See page 6 for Explanation of Tables

ENERGY	ABUNDANCE	NUCLIDE	HALFLIFE	ENERGY	ABUNDANCE	II	ENERGY	ABUNDANCE	NUCLIDE	HALFLIFE	ENERGY	ABUNDANCE
474.3	0.36	^{124}Sm	1.5	484.3	100.	I	481.5	1.8	^{142}Nd	3.2	334.8	103.9
474.3	2.2	^{124}Sm	12.4	484.3	100.	I	481.5	0.92	^{151}Eu	1.80	629.1	24.3
476.4	6.7	^{142}Sm	1.43	488.6	100.	II	481.6	85.1	^{137}Cs	30.34		
476.4	1.89	^{142}Sm	4.02	488.6	100.	II	481.6	89.9	^{137}Cs	2.55		
476.4	0.52	^{151}Gd	17.8	251.7	26.	I	481.6	2.6	^{124}Ba	11.22	899.2	198.5
476.7	6.08	^{137}Ba	26.32	559.1	44.7	I	481.7	6.9	^{133}Cs	1.78	195.5	18.6
477.0	15.5	^{90}Kr	16.2	559.1	72.3	I	481.7	3	^{133}Cs	11.8	258.0	58.4
477.0	6.8	^{115}Te	5.8	723.6	30.	I	481.8	4.3	^{146}Sm	7.8	1050.9	58.4
477.0	79.1	^{142}Sm	1.22	571.8	100.	II	481.8	2.98	^{161}Dy	23.	365.5	58.4
477.2	3.4	^{133}Ba	6.5	134.3	100.	II	481.9	3.0	^{142}Sm	1.22	571.8	100.
477.2	1.91	^{124}Ba	6.24	803.1	98.9	I	481.9	3	^{146}Sm	15.8	298.8	62.2
477.2	7.35	^{124}Ba	23.1	925.6	83.0	I	482.0	16.8	^{171}Yb	17.1	122.1	32.6
477.4	6.0	^{146}Sm	2.2	233.4	100.	II	482.0	1	^{191}Hg	52.8	252.6	55.
477.5	60.6	^{151}Eu	1.72	960.7	99.3	I	482.1	1.1	^{170}Tl	1.35	560.4	33.
477.5	32.3	^{137}Cs	3.53	960.7	91.4	I	482.2	3	^{163}Tm	1.85	100.3	19.4
477.5	10.9	^{88}Rb	15.4	1031.9	83.6	I	482.4	1.28	^{91}Kr	8.57	108.8	43.5
477.7	137.3	^{137}Cs	3.0	263.	97.0	I	482.4	38	^{99}Pd	21.4	136.0	72.7
477.7	97.8	^{146}Sm	69.1	2129.5	2.13	I	482.5	1.09	^{144}La	40.9	397.3	93.5
477.7	97.0	^{137}Cs	4.9	894.7	91.7	I	482.5	1.80	^{149}Pr	7.75	138.5	33.0
477.7	4.49	^{137}Cs	24.6	815.3	1038	I	482.5	1.33	^{120}Ba	1.72	960.7	59.3
477.7	94.7	^{110}Ag	249.9	864.7	72.9	I	482.6	1.6	^{145}Lu	11.8	320.6	25.
477.8	6.1	^{140}Eu	52.	515.5	100.	II	482.6	1.1	^{140}Ce	11.5	671.0	34.0
477.8	108.0	^{137}Cs	17.0	743.4	92.6	I	482.7	0.57	^{143}Sm	11.8	258.0	58.4
477.9	92.5	^{137}Cs	72.3	1024.5	1.06	I	482.8	0.34	^{167}Dy	6.20	569.7	48.5
477.9	6.8	^{131}I	23.	943.4	64.	I	482.9	1.4	^{170}Tl	3.76	258.2	42.7
477.9	0.50	^{137}Cs	3.02	264.0	67.5	I	483.0	57.8	^{99}Pd	18.	112.5	100.
477.9	100.	^{137}Cs	1.92	834.1	100.	I	483.1	9.2	^{132}La	4.6	446.5	77.0
478.0	92.	^{137}Cs	1.15	834.1	88.	I	483.1	5.0	^{132}La	24.3	135.2	44.
478.0	0.41	^{148}Sm	5.2	284.1	87.2	I	483.1	0.50	^{149}Pr	27.	841.7	15.7
478.0	0.7	^{138}Ba	6.3	839.4	100.	I	483.3	1.51	^{148}La	3.19	158.4	56.0
478.0	0.9	^{134}Pa	6.70	131.2	20.	I	483.3	0.36	^{228}Fr	22.0	911.2	16.0
478.2	1.3	^{138}Ba	40.	793.4	100.	I	483.4	0.82	^{204}Pb	11.22	899.2	198.5
478.2	0.4	^{143}Pr	59.	108.5	23.1	I	483.5	0.68	^{117}Cd	3.36	552.9	125.
478.4	0.80	^{140}Ce	12.4	116.8	45.9	I	483.6	0.47	^{92}Zn	3.65	213.8	92.4
478.4	4.45	^{147}Sm	1.80	814.5	33.0	I	483.6	1.61	^{139}Sm	7.32	590.3	66.5
478.5	1.35	^{147}Sm	3.1	245.3	50.5	I	483.7	0.88	^{151}Dy	16.9	386.1	20.0
478.5	1.3	^{139}Sm	27.	841.7	15.7	I	483.7	3.8	^{149}Pr	8.6	321.0	100.
478.6	100.	^{137}Cs	2.15	1272.0	47.	II	484.0	0.55	^{145}La	25.	70.0	33.9
478.8	0.41	^{139}Sm	7.32	590.3	66.5	I	484.2	2.26	^{155}Dy	12.0	226.9	66.8
478.8	1.1	^{137}Cs	2.4	177.5	84.	I	484.2	3.	^{146}Sm	32.8	636.3	98.
479.0	0.52	^{139}Sm	4.5	340.8	69.1	I	484.4	1.16	^{78}Kr	17.66	455.0	62.5
479.0	0.42	^{145}La	25.	70.0	31.9	I	484.4	38.4	^{78}Kr	5.74	455.0	81.0
479.0	0.6	^{139}Sm	2.7	184.8	30.0	I	484.5	63.	^{109}Ag	16.7	925.4	100.
479.0	8.8	^{137}Cs	8.6	321.0	100.	II	484.5	5.60	^{143}Sm	33.0	293.3	42.8
479.1	0.37	^{88}Rb	1.62	286.5	92.0	I	484.5	2.0	^{184}Au	53.0	163.0	52.
479.1	84.0	^{137}Cs	1.67	1063.5	52.3	I	484.6	0.3	^{105}Tc	7.7	143.2	10.7
479.1	5.35	^{137}Cs	1.23	216.5	35.0	I	484.6	16.8	^{142}Sm	1.22	571.8	100.
479.1	3.84	^{146}Sm	4.2	78.2	40.6	I	484.6	1.3	^{154}Pr	1.7	2058.9	18.7
479.1	91.	^{146}Sm	62.7	164.6	100.	II	484.7	0.44	^{120}Ba	40.	25.1	30.
479.2	0.33	^{137}Cs	1.68	1041.5	7.83	I	484.7	0.57	^{145}La	30.06	242.9	35.5
479.2	0.40	^{137}Cs	24.2	1218.0	12.8	I	484.8	3.22	^{83}Sr	22.5	356.7	68.6
479.2	3.5	^{137}Cs	2.2	233.4	100.	II	484.8	1.3	^{234}Pa	6.70	131.2	20.
479.3	0.46	^{137}Cs	69.2	555.8	92.8	I	484.9	5.2	^{159}Eu	18.1	67.8	37.
479.3	0.1	^{137}Cs	24.1	8		I	485.0	4.57	^{131}Tl	30.	773.7	38.1
479.4	2.0	^{137}Cs	26.2	719.3	27.0	I	485.0	2.2	^{140}Tm	9.2	126.4	100.
479.4	0.1	^{137}Cs	6.9	8		I	485.0	1.1	^{170}Tl	6.76	100.8	21.6
479.5	0.9	^{137}Cs	3.8	393.5	93.5	I	485.0	2.5	^{171}Tl	23.3	49.6	100.
479.5	2.3	^{159}Eu	18.1	67.8	35.	I	485.1	0.42	^{76}Kr	36.2	559.1	72.3
479.6	0.4	^{137}Cs	2.8	84.8	100.	II	485.1	1.1	^{117}Cd	72.8	135.4	23.0
479.7	2.40	^{137}Cs	1.35	1440.8	97.5	I	485.1	0.60	^{117}Cd	5.34	135.4	46.0
479.7	1.5	^{146}Sm	11.8	120.6	25.	I	485.3	12.	^{51}Mg	3.25	945.3	26.
479.7	0.46	^{137}Cs	2.22	989.1	13.4	I	485.3	0.39	^{76}Kr	26.32	559.1	72.3
479.8	1.06	^{153}Dy	6.5	80.7	10.8	I	485.3	0.50	^{107}Tc	21.2	102.7	21.0
479.8	6.9	^{137}Cs	1.78	195.5	38.6	I	485.3	0.52	^{133}Tl	2.34	211.9	32.5
479.8	1.6	^{137}Cs	6.77	228.1	57.	I	485.5	1.58	^{144}Ce	48.3	747.2	108.3
479.8	3.86	^{146}Sm	2.65	228.1	76.7	I	485.5	4.66	^{144}Eu	4.41	747.2	98.0
480.	92.	^{137}Cs	1.63	685.	99.	I	485.5	1.56	^{134}Pa	19.9	609.3	46.1
480.	1.5	^{159}Eu	18.0	649.8	31.6	I	485.5	1.57	^{122}Sm	3.82	409.3	46.5
480.1	0.85	^{154}Pr	10.5	327.4	25.	I	485.5	1.56	^{226}Ra	1.426E+39	409.3	46.1
480.2	0.53	^{137}Cs	40.1	252.7	17.4	I	485.6	2.49	^{54}Ar	0.45E+15	3128.8	1.30
480.2	1.6	^{146}Sm	2.27	301.7	58.2	I	485.6	1.15	^{80}Kr	37.4	616.2	6.70
480.4	5.8	^{137}Cs	2.1	624.4	10.7	I	485.6	1.23	^{60}Kr	4.42	37.1	39.1
480.4	0.4	^{138}Ba	59.	108.5	23.1	I	485.7	100.	^{100}Ag	2.0	750.8	84.1
480.4	0.85	^{137}Cs	9.3	344.5	45.	I	485.7	95.	^{100}Ag	2.3	3694.1	13.
480.7	0.3	^{137}Cs	6.70	131.2	20.	I	485.8	0.2	^{80}Kr	16.5	1645.3	6.5
480.7	15.	^{137}Cs	40.	793.1	98.	I	485.8	10.	^{100}Ag	2.96	232.7	75.
480.7	0.99	^{137}Cs	24.94	48.5	9.90	I	485.8	1.2	^{134}Te	41.8	187.2	29.2
481.0	1.5	^{137}Cs	5.02	941.6	31.7	I	485.9	3.33	^{135}Ce	17.6	265.0	42.4
481.0	0.44	^{137}Cs	17.6	251.7	26.	I	485.9	4.5	^{81}Ge	7.6	336.0	41.4
481.1	12.	^{137}Cs	44.5	863.1	100.	I	485.9	1.7	^{163}Tm	5.81	104.3	19.4
481.2	0.31	^{137}Cs	32.3	1114.7	36.7	I	486.0	8.	^{136}Sm	42.	114.5	100.
481.2	0.65	^{137}Cs	54.2	344.4	16.7	I	486.0	4.0	^{171}Yb	12.1	462.0	14.8
481.3	55.6	^{137}Cs	63.	271.4	100.	II	486.0	0.4	^{130}Ba	2.7	145.0	100.
481.4	0.35	^{137}Cs	6.15	402.8	12.5	I	486.1	0.39	^{95}Kr	5.02	941.6	71.7
481.4	0.76	^{137}Cs	27.1	562.9	65.8	I	486.1	9.8	^{144}Ce	6.0	258.5	100.
481.4	0.42	^{137}Cs	12.5	367.9	20.2	I	486.1	0.49	^{148}Sm	14.0	254.3	13.0
481.4	2.28	^{137}Cs	26.1	367.9	87.2	I	486.1	1.87	^{130}Ba	5.41	545.0	91.0
481.4	0.39	^{137}Cs	48.4	367.9	38.9	I	486.2	0.70	^{149}Pr	9.4	349.6	43.7
481.5	25.	^{137}Cs	1.75	783.3	100.	I	486.2	2.0	^{149}Pr	5.8	365.0	100.
481.5	0.89	^{137}Cs	9.	1884.3	100.							

Gamma Rays Ordered by Energy
 See page 6 for Explanation of Tables

ENERGY	ABUNDANCE	NUCLIDE	HALFLIFE	ENERGY	ABUNDANCE	ENERGY	ABUNDANCE	NUCLIDE	HALFLIFE	ENERGY	ABUNDANCE
1044.0	2.8	CS-136 A	3.8 S	393.5	93.5	1173.4	8.84	AC-101 G	11.1 M	241.0	152.0
1044.0	1.61	LA-126	5.2 M	284.1	87.2	1174.0	.50	Y-95	10.3 M	954.2	113.4
1044.1	.89	SM-134 G	2.57 M	273.7	36.5	1174.0	4.4	SM-107	2.40 M	874.5 D	1300.
1044.3	.63	AU-184	53.0 S	163.0	52.	1174.0	2.5	MG-193 M	11.4 M	258.0	158.4
1044.3	.52	TH-163	1.81 M	104.3	19.4	1174.1	.68	CO-123 M	8.3 S	2059.4	71.0
1044.4	.40	AR-45	21.48 S	1019.9	39.7	1174.2	1.45	FR-228	38.0 S	473.8 M	137.7
1044.5	2.0	PO-202	44.7 M	686.6	50.0	1174.3	2.4	ZN-74	1.47 S	224.7	43.7
1044.6	.43	TR-150 A	3.55 M	438.0	72.3	1174.3	.31	SM-124 A	1.5 S	1141.1	55.9
1044.7	.58	I-120 A	1.35 H	560.4	73.	1174.5	1.17	FR-161	3.24 M	826.5	61.5
1044.8	50.3	IN-128 A	0.9 S	3319.4	136.4	1174.5	.33	AT-207	1.80 M	814.5	133.0
1044.8	12.5	IN-128 B	0.9 S	1867.0	132.3	1174.6	1.5	GA-75	2.10 M	257.8	1300.
1044.8	1300.	SH-128 B	6.5 S	831.5	1100.	1174.6	.67	MO-156	55.4 M	266.4	151.6
1044.9	13.	NO-98 B	51.3 M	787.4	93.0	1174.6 D	1.6	PI-148	10.2 D	155.0 D	35.9
1044.9	.87	I-135	6.61 M	1260.4	28.6	1174.6	1.3	FR-148	41.5 M	155.0	129.7
1044.9	.65	HA-27	3.04E-11	984.7	96.	1174.8 D	1.9	WF-166	6.77 M	228.1 D	57.
1044.9	.33	CR-158	2.25 M	218.2 D	43.	1174.8	4.40	LU-166 G	2.65 M	228.1	76.7
1044.9 D	.55	MO-158 G	11.3 M	218.2	43.	1174.9	.36	BI-201 G	1.80 M	629.1	24.3
1044.9	.42	MO-158 M	27. M	218.2	46.	1175.0	1.2	AC-99 G	2.07 M	264.5	63.5
1044.9	2.3	TR-164	3.0 M	168.9	24.0	1175.0	.3	TR-154 G	21.4 M	123.1	18.
1044.9	.8	RE-174	13.2 M	237.3	45.	1175.0	.3	TA-186	10.5 M	197.4	159.0
1044.9	.93	AS-68	2.53 M	1016.1	77.5	1175.1	2.24	CO-54	75.8 D	846.8	199.9
1044.9 D	.36	TE-114	15.2 M	1299.9 D	1127.8	1175.1 D	2.57	MG-194	529. Y	328.4 D	63.0
1044.9	.1	IN-123 M	47.8 S	125.8	38.	1175.3	2.57	AU-194 G	39.5 M	328.4	63.0
1044.9	.44	LA-144	40.9 S	397.3	93.5	1175.3	1.91	AT-209	5.41 M	545.0	191.0
1044.9	6.2	AG-121	0.8 S	314.8	1100.	1175.4	1.11	HR-87	76.3 M	402.6	49.6
1044.9	2.63	AU-188	8.84 M	266.0	1100.	1175.4	1.6	RH-95 G	5.02 M	943.6	71.7
1044.9	2.1	TL-188 M	71. S	412.9	87.8	1175.5	4.	Y-82	9.5 S	373.7	1300.
1044.9	1.31	EU-200 B	34.2 Y	334.0	94.0	1175.5 M	3.48	TR-149 G	4.15 M	352.2	29.7
1044.9	3.09	AT-209	5.43 M	545.0	91.0	1175.5	1.03	OY-151	16.9 M	386.1	20.0
1044.9	.85	CO-117 M	3.36 M	552.9 D	1125.	1175.5	1.58	ES-250 M	2.22 M	989.1	133.4
1044.9	.58	FR-148 A	2.27 M	301.7	156.2	1175.7	.47	GA-76	27.1 S	562.9	165.8
1044.9	.45	FR-149 C	90. M	364.9	96.8	1175.8	.45	TR-163	1.81 M	104.3	139.4
1044.9	3.89	LA-130	8.7 M	357.3	81.0	1175.8	.34	HF-171	12.1 M	682.0	14.8
1044.9 D	5.47	CE-130	25. M	357.3 D	1124.	1175.9	14.2	CL-34 M	32.0 M	2127.3	43.2
1044.9	.91	SM-162 G	21.7 M	102.0	17.5	1175.9	10.3	CS-142	1.78 S	359.4	1300.
1044.9	1.1	PM-150	2.68 H	333.9	49.0	1176.0	.67	TR-150 A	3.55 M	638.0	72.3
1044.9	.53	W-177	2.25 M	115.5 M	56.5	1176.0	.61	TR-174	42.6 M	206.5	17.0
1044.9	.37	AT-205	26.2 M	719.3	27.0	1176.1	.56	AU-186 A	15.7 M	191.5	58.
1044.9	.45	FR-226	38.0 S	433.8 M	19.7	1176.2	1.	CS-123 G	5.97 M	97.4	133.0
1044.9	2.0	TL-192 G	9.4 M	422.8	81.	1176.2	.49	LA-144	10.9 S	397.3	93.5
1044.9	1.69	SM-120 A	15.84 M	703.8	15	1176.3	.31	TR-175	15.2 M	514.9	165.3
1044.9	.57	TR-151 G	17.4 M	251.7	26.	1176.3	1.2	LA-128	5.2 M	284.1	87.2
1044.9	.70	LU-189 G	34.06 H	940.4	20.3	1176.4	10.9	TR-166	7.70 M	778.9	21.5
1044.9	2.1	AS-67	42.5 S	122.7	26.5	1176.4 D	12.6	TR-166	2.36 D	778.9 D	24.9
1044.9	96.0	SM-120 B	46.2 S	1023.2	54.	1176.7	.6	HR-77	3.70 M	66.5	59.
1044.9	1000.	IN-20 C	47.3 S	1023.2	98.0	1176.7	1.2	XF-140	13.6 M	805.5	21.
1044.9	1.1	CS-140	24.94 S	48.5	9.90	1176.8 D	1.1	TA-160	28.8 M	728.1 D	36.
1044.9	1.3	TR-186 B	15.8 M	296.8	62.2	1176.8	.9	MO-160 M	5.02 M	728.1	30.
1044.9	1.4	MG-193 M	11.8 M	258.0	58.4	1176.9	3.3	AU-189 G	28.7 M	713.3	21.
1044.9	1000.	SM-120 B	5.74 D	1023.3	99.0	1177.0	.72	TE-129 G	16.05 M	644.0	84.5
1044.9	.46	ER-161	3.24 M	826.5	61.5	1177.0 D	2.29	GE-144	48.3 D	747.2 D	1308.3
1044.9	3.3	PO-97	3.1 M	265.3	50.5	1177.0	2.07	EU-146	4.43 D	347.2	98.0
1044.9	.42	TR-175	10.5 M	207.4	13.3	1177.1	.7	TL-186 G	27. S	405.3	91.
1044.9	4.8	MG-189 B	8.6 M	321.0	1300.	1177.1	1.84	RH-208	24.3 M	424.8	6.08
1044.9	.83	AT-207	1.80 H	814.5	33.0	1177.2	2.17	LA-130	8.7 M	357.3	81.0
1044.9	.59	CE-133 G	4.93 H	477.2	39.2	1177.2 D	3.33	CE-130	25. M	351.3 D	1324.
1044.9	1.1	MO-135 A	12.4 M	204.1	51.2	1177.3	2.2	SM-130 B	6.3 M	839.4	1300.
1044.9	1.10	KR-89	3.07 M	220.9	22.5	1177.3	1.1	CS-141	24.94 S	58.5	9.40
1044.9	1.28	MG-195 G	9.9 M	779.8	7.00	1177.6	.35	PO-101	8.47 M	296.3	159.2
1044.9 D	.91	MG-193 M	41.6 M	261.7 G	33.4	1177.7	.30	TR-154 M	9.0 M	123.1	131.
1044.9	20.0	CO-120	50.4 S	2039.8 D	2.0	1177.8	3.4	PH-154 G	1.7 M	2058.9	118.3
1044.9	19.0	IN-120 A	3.08 S	2039.8	1.9	1177.9	15.5	TR-160	72.3 D	479.4	130.0
1044.9	.34	BI-199 G	27. M	841.7	15.7	1178.	.30	LA-131	59. M	108.5	123.1
1044.9	.95	AR-45	21.48 S	1019.9	39.7	1178.	4.4	BA-244	4.35 M	891.5	1300.
1044.9	.54	TA-172	36.8 M	214.1	51.4	1178.0	1.29	KA-91	6.57 S	108.6	43.5
1044.9	83.8	CO-62 G	1.50 M	2301.8	14.7	1178.7	.3	PO-203 G	36.7 M	908.4	56.0
1044.9	97.9	CO-62 M	13.9 M	1163.5	68.1	1178.4	.68	MO-155	48.0 M	242.2	15.4
1044.9	.39	TR-158	4.02 M	192.1	68.5	1178.4	1.3	FR-212	20.0 M	1274.8	45.
1044.9	2.2	RR-76	37. S	423.	68.	1178.5	.64.	SI-34	2.27 S	429.1	60.
1044.9	.4	BR-244	4.35 H	841.5	1300.	1178.6	.30	MG-193 M	11.8 M	258.0	58.4
1044.9	.335	CU-62	9.74 M	511. A	1366.	1178.7	5.20	KU-95	1.65 M	336.4	70.8
1044.9 D	.33	TR-62	9.26 M	596.6	25.7	1178.7	.47	ZE-139	38.7 S	218.6	132.0
1044.9	1.10	PO-200	11.5 M	671.0	34.0	1178.7	2.9	TR-176	1.9 M	189.8	44.2
1044.9	99.8	FE-60	3.1. E+5Y	1332.5 D	1300.	1178.8	.6.	PA-238	2.3 M	1015.1	1300.
1044.9	.3	CU-60	23.2 M	1332.5	88.0	1178.9	2.0	TR-147 B	1.83 M	1397.7	83.2
1044.9	99.9	CO-60 G	5.27 Y	1332.5	1300.	1179.	.7	MP-240 G	65. M	566.4	129.
1044.9	1.3	IN-118 M	4.45 M	1229.5	96.4	1179.2	.59	TC-102 M	4.35 M	475.1	162.0
1044.9 D	1.12	TE-132	3.26 D	667.7 D	1302.0	1179.2	.49	SM-127 G	2.30 M	1114.3	38.
1044.9	1.09	I-132 G	2.30 M	667.7	99.0	1179.2	1.5	MG-189 B	8.6 M	321.0	1300.
1044.9	1.36	MO-154 A	11.8 M	334.6	83.3	1179.4	.80	BI-199 G	27. M	841.7	15.3
1044.9	1.1	AC-119	2.1 S	628.4	110.7	1179.5	1.7	CU-69	3.0 M	1006.5	130.
1044.9	.5	TR-156 A	81. S	344.6	85.5	1179.5	1.01	FR-66	2.84 M	2397.1	135.0
1044.9	.4	AU-184	53.0 S	163.0	52.	1179.5	.9	SM-111	75.0 S	114.5	70.7
1044.9	.43	CO-118	50.3 M	1229.6 D	1.5.0	1179.6	.92	TR-266	2.4 M	123.9	17.6
1044.9	.43	IN-118 G	5.0 S	1229.6	1.5.0	1180.4	.70	FR-174 M	5.74 M	455.0	141.0
1044.9	.38	SM-143 G	8.83 M	1056.5	1.75	1180.5	.30	FR-248	44.5 D	550.3	45.9
1044.9	.5	PH-244	2.7 M	184.8	130.0	1180.6	15.5	AC-151	12.4 M	116.8	45.9
1044.9	.5	TA-186	32. S	158.7	52.8	1180.6	1.6	TR-164	3.0 M	168.9	24.0
1044.9	4.88	TA-184	8.55 M	414.0	73.9	1180.8	.40	BI-142 G	2.67 D	229.3	27.9
1044.9	1.24	BI-184 M	165. D	903.3	40.4	1180.9	3.5	MG-1			

Gamma Rays Ordered by Energy

See page 6 for Explanation of Tables

ENERGY	ABUNDANCE	NUCLIDE	HALFLIFE	ENERGY	ABUNDANCE	II	ENERGY	ABUNDANCE	NUCLIDE	HALFLIFE	ENERGY	ABUNDANCE
2437.0	1.0	EU-146	4.61 D	747.2	98.0	11	2478.4	.38	PR-130	2.68 H	333.4	64.0
2437.0	1.1	GD-144	48.3 D	747.2	110.3	11	2479.2	.84	LA-145	25.1 S	70.0	11.9
2437.5	.70	BR-74	25.3 M	634.7	63.4	11	2479.9	2.23	BR-83	5.37 H	974.9	34.1
2438.4	6.4	TC-102 G	4.35 M	475.1	82.0	11	2484.1	6.4	BR-84 C	11.80 H	883.6	43.0
2438.4	.55	CO-103	7.72 M	1461.8	12.3	11	2484.4	2.78	KR-91	8.57 S	106.8	43.5
2439.4	43.7	SE-84	14.1 S	2460.0	21.9	11	2485.0	.64	CO-103	7.72 M	1461.8	12.3
2441.3	1.1	AU-188	8.84 M	246.0	110.0	*	2485.4	.3	BR-74	41.5 M	634.8	91.9
2441.3	1.5	IN-122 B	10.3 S	1140.3	110.0	*	2486.	.9	AT-208	1.43 H	485.	1.9
2442.0	.64	AG-119	2.3 S	626.4	10.7	11	2486.2	1.41	TR-154 G	71.4 H	123.1	20.
2443.	.45	NA-27	3.24E-15	984.7	1.86.	11	2486.5	.35	XE-121	43.1 H	252.7	17.6
2443.3	.66	BR-78 G	17.66 H	455.0	62.5	11	2486.7	.4	TR-144 A	63.0 H	784.5	110.
2443.7	.4	BR-74	41.5 M	634.8	91.9	11	2487.5	1.2	IN-106 H	5.30 H	632.6	91.5
2444.2	5.25	GA-61	1.23 S	216.5	35.0	11	2489.4	.8	TR-78	3.47 S	224.7	43.7
2444.2	.63	SM-110	4.0 H	657.7	113.3	11	2489.6	.64	KR-85	71.48 S	1019.4	39.1
2444.2	.30	SM-110 A	69.1 H	657.7	97.8	11	2490.9	1.9	AU-184	53.0 S	163.0	52.
2448.9	.48	SE-85	31.7 S	245.1	45.7	11	2491.0	7.68	GA-72	14.10 H	834.0	95.6
2448.9	1.4	AU-188	8.84 M	246.0	110.0	*	2491.0	11.0	TR-72	24.5 H	834.0	137.2
2449.4	.63	EU-158	45.9 M	944.2	25.0	11	2491.2	.38	BR-88	14.3 S	775.3	65.0
2449.5	.34	SM-127 G	2.10 H	1114.3	38.	11	2491.2	.47	KR-93	1.29 S	253.4	42.0
2449.7	1.55	BI-214	19.9 H	604.3	46.1	11	2491.8	1.0	I-120 A	1.35 H	540.4	73.
2449.7	1.56	KM-222	3.82 D	604.3	46.5	11	2492.3	.62	TC-91 A	3.14 H	2450.9	13.6
2449.7	1.55	BR-226	1.40E+3Y	604.3	46.1	11	2493.1	.78	CN-57	21.1 S	83.4	8.0
2448.	1.0	SM-107	2.90 M	678.5	100.	*	2493.9	.9	AG-102 G	12.9 M	554.7	98.0
2448.0	1.4	GE-65	30.9 S	644.7	33.0	11	2494.4	1.33	GO-145 G	73.0 M	1753.9	34.2
2448.5	.55	AU-190	42.8 M	295.8	72.5	11	2495.4	.4	CS-120 A	64. S	322.4	110.
2449.3	.35	AS-70	52.4 M	1040.0	81.7	11	2495.8	.64	KR-91	8.57 S	108.4	43.5
2450.7	.68	KR-91	8.57 S	108.8	43.5	11	2496.0	2.34	KR-93	1.29 S	253.4	42.0
2450.8	.95	MO-134	50.7 H	552.2	102.5	11	2496.1	.74	CU-130	2.00 D	84.3	8.74
2450.8	.70	PR-136	13.1 M	552.2	76.0	11	2496.4	.62	SR-131	23. M	843.4	44.
2450.9	13.8	TC-91 A	3.14 H	1639.4	9.22	11	2496.9	5.4	TE-136	21. S	2077.9	24.4
2452.2	1.3	AU-190	42.8 M	295.8	72.5	11	2496.9	.36	CS-140	53.7 S	602.3	70.4
2452.4	1.01	BR-87	55.7 S	1419.8	32.0	11	2497.2	.74	PO-97	3.1 M	245.3	50.5
2454.5	3.6	SE-85	31.7 S	245.1	45.7	11	2497.3	.74	BR-90 M	4.30 H	831.7	93.9
2454.4	.64	BR-87	55.7 S	1419.8	32.0	11	2497.5	1.3	AU-190	52.8 M	295.8	72.5
2454.7	.57	TE-114	15.2 H	1299.9	117.8	11	2498.1	.40	I-95	10.3 M	954.2	33.4
2454.7	.38	SM-114	3.51 H	1299.9	98.3	11	2498.7	.83	BR-87	55.7 S	1419.8	32.0
2454.4	2.0	I-120 A	1.35 H	540.4	73.	11	2499.8	.30	TR-154 G	71.4 H	123.1	26.
2455.0	.35	BR-93	5.86 S	432.5	12.5	11	2500.1	.31	LA-143	14.2 H	620.3	1.00
2455.0	4.83	CO-121 A	8.3 S	2059.4	21.0	11	2500.4	1.0	AG-116 G	2.68 H	513.4	76.0
2456.0	.94	TR-136	1.9 H	189.8	44.2	11	2501.4	3.1	GA-78	5.09 S	619.4	76.6
2456.6	5.3	TI-53	32.7 S	127.4	44.	11	2502.	.5	TR-164	3.0 H	168.9	24.0
2457.1	.77	ZN-61	1.48 H	475.2	16.1	11	2502.3	.36	TC-107	21.2 S	102.7	21.0
2457.4	1.0	AS-68	2.53 M	1216.1	77.5	11	2504.3	.66	GA-74 G	8.1 M	595.9	92.9
2457.7	.35	KR-91	8.57 S	108.8	43.5	11	2504.4	.65	K-64	72.13 H	1357.0	58.2
2457.9	5.10	CU-40	1.35 M	1440.8	77.5	11	2505.	.4	NA-27	3.24E-15	984.7	86.
2458.4	5.0	AS-68	2.53 M	1216.1	77.5	11	2505.2	.58	KR-93	5.86 S	432.5	12.5
2458.0	.41	BI-199 G	27. M	841.7	15.7	11	2505.9	1.42	KR-91	58.4 S	43.6	33.7
2459.1	.40	SM-96 G	9.90 M	832.6	100.	11	2506.2	1.4	AS-68	2.53 M	1016.1	77.5
2459.1	.73	SM-96 H	1.51 M	832.6	39.2	11	2506.4	.44	ER-158	2.25 H	218.2	43.
2460.2	.50	PR-146	26.1 M	453.9	46.0	11	2506.6	.40	MO-158 H	27. M	218.2	46.
2460.3	.67	LA-142	1.52 H	642.2	47.4	11	2506.8	1.25	PO-112	21.05 H	417.4	50.0
2462.2	4.0	AS-84	5.5 S	1455.1	44.	11	2506.8	1.1	AG-112	3.14 H	417.4	42.5
2462.0	.35	BR-93	5.86 S	432.5	12.5	11	2507.8	12.8	GA-72	14.10 H	834.0	95.6
2462.6	.56	CS-140	63.7 S	602.3	70.4	11	2507.8	18.3	TR-72	24.5 H	834.0	137.2
2462.4	.65	I-120 A	1.35 H	540.4	73.	11	2507.8	.32	AS-72	26.0 H	834.0	79.5
2462.4	4.1	I-120 B	53. M	540.4	100.	11	2507.8	.37	SE-72	8.40 D	834.0	91.3
2463.2	.88	LA-132 C	4.8 H	644.5	77.0	11	2508.4	.57	TR-186 A	3.75 H	137.1	30.5
2464.7	.67	CA-81	1.23 S	216.5	35.0	11	2509.3	.84	AU-188	8.84 M	246.0	110.
2445.	1.0	SM-107	2.90 M	678.5	100.	*	2509.5	.5	NA-26	1.07 S	1408.6	94.0
2465.0	1.	BR-72	1.31 H	862.0	70.2	11	2510.4	.46	XE-121	43.1 H	252.7	17.6
2465.0	1.0	BR-74 G	25.3 M	634.7	63.4	11	2510.6	1.3	TR-154 G	71.4 H	2058.9	18.3
2465.1	4.1	CC-32	2.98E-13	2230.2	92.	11	2510.8	1.80	BR-74 G	16.2 H	594.1	72.3
2465.4	.62	TL-198 G	5.3 H	411.8	81.8	11	2510.8	.36	BR-87	55.7 S	1419.8	32.0
2465.5	1.2	TC-104	18.4 M	358.0	49.0	11	2510.8	2.85	CO-121 M	8.3 S	2059.4	21.0
2466.7	.57	CO-139 G	2.64 H	292.9	41.0	11	2511.0	1.3	TR-164	3.0 H	168.9	24.0
2466.9	.53	TR-154 G	21.4 M	123.1	28.	11	2511.5	.3	TC-92	6.4 M	773.1	110.
2467.3	.70	CS-120 A	64. S	322.4	102.	*	2511.3	.44	TL-195 G	3.16 H	543.5	11.0
2467.4	.84	TR-154 G	21.4 M	123.1	28.	11	2513.8	.51	TC-104	18.4 M	358.0	49.0
2468.1	1.0	IN-130 B	0.53 S	1221.2	75.8	11	2513.8	.3	CS-140	63.7 S	602.3	70.4
2468.2	.31	AU-184	53.0 S	163.0	52.	11	2513.8	.64	TA-176	8.08 H	1159.3	23.8
2468.2	1.1	TL-198 G	5.3 H	411.8	81.8	11	2514.0	.35	XE-121	43.1 H	252.7	17.6
2468.6	.43	KR-90	32.3 S	1116.7	34.2	11	2514.0	.33	ER-158	2.25 H	218.2	43.
2469.3	.33	GE-65	30.9 S	644.7	33.0	11	2514.1	3.31	BR-78 G	17.66 H	455.0	62.5
2469.5	1.2	AU-190	42.8 M	295.8	72.5	11	2514.1	1.4	AG-117 A	72.8 S	335.4	23.0
2470.5	4.77	K-36	3.44E-15	1470.4	81.8	11	2515.0	.36	TR-72	24.5 H	834.0	137.2
2470.5	3.3	SM-131 A	41. S	1224.0	100.	*	2517.3	.33	PR-146	24.1 M	453.9	46.0
2470.9	.93	AG-119	2.1 S	626.4	10.7	11	2517.4	.40	TR-186 A	3.75 H	137.1	30.5
2472.1	.67	TR-186 A	3.75 H	137.1	30.5	11	2517.9	.46	BR-85	21.48 S	1019.4	39.1
2472.2	.74	BR-74	41.5 M	634.8	91.9	11	2518.2	.9	BR-87	55.7 S	1419.8	32.0
2472.2	1.3	CS-144	1.02 S	199.3	47.0	11	2518.3	.6	BR-74 G	25.3 M	634.7	63.4
2473.0	20.4	N-18	6.24E-15	1981.9	97.9	11	2518.4	9.72	K-44	22.13 H	1357.0	58.2
2473.1	.43	KR-91	8.57 S	108.8	43.5	11	2519.4	3.7	AG-121	0.8 S	314.8	110.
2473.9	.63	BR-90 G	2.60 M	431.7	27.4	11	2520.3	1.1	CO-119 M	2.20 M	1025.0	75.0
2475.2	2.0	AU-184	53.0 S	163.0	54.	11	2521.5	.48	KR-93	5.86 S	432.5	12.5
2475.3	.33	KE-136	14.1 M	254.3	31.5	11	2521.7	3.43	LA-140	10.78 H	1596.5	95.4
2475.3	.55	LA-145	25.1 S	70.0	11.9	11	2521.7					

Gamma Rays Ordered by Nuclide
See page 198 for Explanation of Tables

NUCLIDE	T _{1/2} - M		DECAY MODES	BRANCHING		TO G.S. OR N.S.				SPIN AND PARITY	REFERENCES							
	PRECURSOR(S) AND COMMENT	ENERGY DE (ABUNDANCE)		ENERGY DE (ABUNDANCE)	ENERGY DE (ABUNDANCE)	ENERGY DE (ABUNDANCE)	ENERGY DE (ABUNDANCE)	ENERGY DE (ABUNDANCE)	ENERGY DE (ABUNDANCE)									
⁶⁷ Kr	(28-39)	36. 5	B-	100.								NDS 34						
	PRECURSOR: UNKNOWN INTENSITIES HAVE LARGE UNCERTAINTIES																	
		100.0	4	(37.	+1	708.5	3	(66.	+1	1072.2	3		(100.	+1	1760.2	7	(28.	+1
		140.6	8	(29.	+1	751.	2	(17.	+1	1100.4	5		(23.	+1	1809.	1	(22.	+1
		206.0	6	(50.	+1	779.1	4	(20.	+1	1226.5	8		(15.	+1	1938.	1	(18.	+1
	553.1	4	(32.	+1	874.1	4	(65.	+1	1653.9	4	(73.	+1	1975.	1	(65.	+1		
⁶⁷ Se	(29-38)	2.56 D	B-	100.								PAC 17,1822 1761						
	PRECURSOR: ⁶⁷ Kr (18. 5 100.) NORMALIZATION UNCERTAIN																	
		6.6	X	(5.74)		91.3	1	(7.00)		184.6	1		(48.7)		300.2	1	(.80)	
		9.6	X	(.79)		93.3	1	(16.1)		208.9	1	(.31)		393.5	1	(.22)		
⁶⁸ Zn	(30-37)	STABLE ABUND.	4.1	5 + 6.8								ENS						
⁶⁸ Ge	(31-36)	3.26 D	EC	100.								PAC 17,1822 1761						
	PRECURSOR: ⁶⁸ Zn (18.7 M 100.) LIMIT 0.1 - SEE ALSO IJARA 30,551 (79)																	
		8.6	X	(4.5)		91.3	1	(2.96)		184.6	1		(20.4)		300.2	1	(16.6)	
		9.6	X	(6.82)		93.3	1	(37.0)		208.9	1	(2.37)		393.5	1	(4.44)		
⁶⁷ Se	(32-35)	18.7 M	B+EC	95.75.								NDS 34						
	PRECURSOR: ⁶⁷ Kr (42.5 S 100.) LIMIT 0.1																	
		9.2	X	(2.54)		661.1	3	(.28)		911.2	3		(2.1)		1472.8	3	(6.5)	
		10.3	X	(.36)		728.2	5	(.40)		914.6	5		(2.9)		1539.5	7	(.58)	
		167.0	1	(17.4)		728.7	4	(2.2)		981.3	3		(1.2)		1643.0	5	(.81)	
		253.3	4	(.30)		811.6	3	(.72)		1061.3	3		(.48)		1809.4	4	(1.2)	
		359.5	2	(1.3)		828.3	3	(2.7)		1280.4	3		(.35)		1976.2	5	(.13)	
		488.8	10	(.12)		898.5	3	(.90)		1450.7	3		(.67)		2526.6	5	(.19)	
	⁶⁵ Zn	(33-34)	42.5 S	B+EC	100.								PAC 22,2204 1801					
PRECURSOR: UNKNOWN NORMALIZATION UNCERTAIN																		
		9.9	X	(20.)		225.4	3	(2.0)		493.1	5	(6.7)			1151.4	5	(.8)	
		11.0	X	(3.)		243.6	3	(10.7)		776.4	3	(1.7)			1171.3	5	(2.1)	
		18.2	1	(.22)		248.0	3	(2.)		789.9	3	(6.5)			1274.3	10	(1.6)	
		104.4	1	(6.26)		589.0	3	(2.7)		808.1	3	(8.5)			1394.0	5	(2.)	
		120.8	3	(13.1)		633.0	3	(3.4)		897.4	3	(4.2)			1385.0	10	(.4)	
		122.7	3	(26.5)		685.5	3	(3.1)		1049.6	10	(.4)			1576.9	10	(1.)	
⁶⁸ Cu	(29-39)	31. 5	B-	100.								NDS 33						
	PRECURSOR: ⁶⁸ Zn (3.75 M 86.0) OTHER GAMMAS POSSIBLE BUT NOT DEFINITELY ASSIGNED - NORMALIZATION UNCERTAIN DUE TO INCOMPLETE DECAY SCHEME																	
		577.8	10	(2.1)		1077.7	5	(60.)		1529.7	15		(.9)		1883.8	15	(.5)	
		806.9	10	(.3)		1261.8	8	(15.)		1743.7	15		(2.2)		2110.1	15	(1.6)	
⁶⁸ Cu	(29-39)	3.75 M	B+EC	86.0/14.0								NDS 33						
	PRECURSOR: NONE LIMIT 0.5 - DATA FROM EQUILIBRIUM SOURCE. MOST WEAK GAMMAS NOT ASSIGNED TO ONE OF ISOMERS																	
		8.0	X	(25.5)		577.8	10 D	(1.8)		1034.5	15		(1.)		1340.5	10	(11.)	
		8.9	X	(3.5)		585.6	15	(.5)		1041.0	10		(8.5)		1345.7	15	(.7)	
		84.6	4	(32.2)		610.5	15	(1.1)		1074.0	15		(1.5)		1432.8	15	(1.)	
		111.3	7	(17.4)		636.9	7	(9.7)		1077.7	5 G		(45.0)		1438.1	15	(.8)	
		151.6	10	(4.9)		670.7	15	(.6)		1163.9	15		(1.)		1529.7	15 D	(.7)	
		498.6	10	(.7)		738.9	15	(.9)		1222.2	15		(.7)		1540.7	15	(.7)	
		525.9	4	(75.2)		806.9	10 G	(1.)		1261.8	8 D		(13.)		1875.7	15	(1.4)	
		570.7	10 D	(.5)		962.4	10	(2.6)		1292.9	15		(.8)		1743.7	15 D	(1.9)	
	⁶⁸ Zn	(30-38)	STABLE ABUND.	18.8	S(1) = 1.0		S(2) = .072						ENS					
PRECURSOR: ⁶⁸ Ge (270.8 D 100.) LIMIT 0.1																		
	8.6	X	(4.10)		9.6	X	(.508)		1077.4	1	(2.43)		1261.3	1	(.088)			
⁶⁸ Ge	(31-37)	68.1 M	B+EC	89.1/10.9								NDS 33						
	PRECURSOR: ⁶⁸ Zn (270.8 D 100.) LIMIT 0.1																	
		8.6	X	(4.10)		9.6	X	(.56)		1077.4	1 D		(2.43)		1883.2	1	(.127)	
⁶⁸ Ge	(32-36)	270.8 D	EC	100.								NDS 33						
	PRECURSOR: ⁶⁸ Zn (2.55 M 100.) DAUGHTER GAMMAS ONLY, LIMIT 0.1 - HALFLIFE FROM IJARA 32,757 (83)																	
		8.6	X	(4.10)		9.6	X	(.56)		1077.4	1 D		(2.43)		1883.2	1 D	(.127)	
		9.2	X	(38.7)		10.3	X	(5.50)		1261.3	1 D		(.267)					
⁶⁵ Zn	(33-35)	2.53 M	B+EC	99.0/1.0								NDS 33						
	PRECURSOR: UNKNOWN																	
		9.9	X	(.42)		1016.1	3	(77.5)		1413.3	5		(15.2)		2025.3	10	(.5)	
		11.0	X	(.062)		1052.7	5	(1.8)		1622.5	5		(4.21)		2071.8	10	(.3)	
		612.0	3	(9.69)		1149.7	5	(.93)		1633.2	10		(3.0)		2229.0	10	(.2)	
		451.2	3	(31.9)		1245.1	10	(.5)		1635.9	7		(3.72)		2273.3	10	(.78)	
		702.9	10	(.7)		1252.4	3	(4.50)		1645.9	10		(3.0)		2384.6	10	(.93)	
		738.4	5	(3.0)		1263.4	3	(5.11)		1778.1	3		(20.0)		2457.6	10	(1.0)	
		761.8	3	(33.4)		1309.6	10	(.55)		1814.7	5		(1.4)		2448.8	10	(5.0)	
		988.3	5	(1.0)		1332.8	5	(1.2)		2007.4	5		(3.6)		2506.2	10	(1.4)	
⁶⁹ Cu	(29-40)	3.0 M	B-	100.								NDS 35						
	PRECURSOR: UNKNOWN LIMIT 0.1																	
		84.	1	(.4)		649.0	5	(1.4)		992.	1		(.6)		1428.	1	(.9)	
		530.7	3	(3.0)		834.0	5	(6.2)		1006.5	8		(10.)		1497.	3	(.3)	
	595.2	5	(1.0)		897.5	10	(.3)		1179.5	10	(1.0)		1825.	5	(.1)			
⁶⁹ Zn	(30-39)	55.6 M	B-	100.								NDS 35						
	PRECURSOR: ⁶⁹ Cu (3.0 M 100.) LIMIT 0.1																	
	318.6	2	(.0012)		872.0	1	(.0002)		1574.6	M	(99.97)							

Gamma Rays Ordered by Nuclide
See page 198 for Explanation of Tables

NUCLIDE	Z - N		HALFLIFE PRECURSOR(S) AND COMMENT ENERGY DE (ABUNDANCE)	DECAY MODES		BRANCHING		TO G.S. OR M.S.				SPIN AND PARITY	REFERENCES	
	Z	N		EC,β ⁺	β ⁻	ENERGY DE (ABUNDANCE)	ENERGY DE (ABUNDANCE)	ENERGY DE (ABUNDANCE)	ENERGY DE (ABUNDANCE)	ENERGY DE (ABUNDANCE)				
TL-192	81	111	10.8 M	EC,β ⁺		100						17 +	PRC 24,2245 1811	
PRECURSOR: NONE														
DECAY SCHEME: FRAGMENTARY - SEE COMMENT ON TL-192 G														
133.1	1	5.2	445.2	3	1.8	634.8	1	88	857.2	2	-4	1380.0	3	-6
174.0	1	12	451.7	3	2.8	644.1	2	2.0	867.2	3	-7	1421.6	2	1.9
201.7	3	.37	465.5	3	1.4	675.4	1	2.9	919.3	2	-8	1685.1	6	-2
239.2	2	3.4	472.2	3	.8	690.8	1	4.6	999.0	3	-7	1633.5	2	-2
246.8	2	1.4	477.6	3	.4	714.7	3	2.1	1113.0	2	4.2	1658.4	2	-4
311.9	2	1.4	479.5	3	1.0	717.9	3	1.3	1129.3	4	1.2	1678.0	3	-7
325.7	2	2.9	535.5	3	.6	733.0	2	1.1	1250.5	3	1.3	1726.9	5	-5
343.1	2	2.4	544.1	2	1.1	745.5	1	32	1265.9	3	1.6	1759.1	4	-4
375.2	2	1.0	559.5	2	1.4	774.1	2	1.2	1284.8	3	1.6	1926.3	5	-1
383.9	2	3.0	584.1	1	2.1	786.3	1	38	1345.1	3	1.0	2024.3	6	-2
397.5	3	1.1	595.9	2	1.2	808.7	2	.6	1365.5	3	1.3	2147.4	6	-2
422.8	1	96	619.4	2	1.8	856.0	2	.2	1375.5	3	1.9			
PB-192	82	110	3.5 M	EC,β ⁺ /α		99.975, 70-03			EC,β ⁺ TO G.S. (100)			0 +	PRC 24,2245 1811	
PRECURSOR: 81-192 (42, 5, 80)														
PD-196 (5, 5, 95)														
144.5	3	1.4	213.1	3	3.7	269.5	3	3.6	414.1	3	6.2	1195.4	2	1.8
167.5	1	14	214.9	3	5	371.0	2	8	606.2	1	18			
179.2	3	1.4	250.7	2	4.6	404.5	3	3.1	781.6	3	8.6			
BI-192	83	109	42, 5	EC,β ⁺ /α		80, 720							PRC 9,1091 1741	
PRECURSOR: AT-194 (0.3, 5, 97)														
NO INFORMATION ABOUT GAMMAS														
PD-192	84	108	3.4 E-2 S	α		100						0 +	PRC 24,2370 1811	
PRECURSOR: UNKNOWN														
NO INFORMATION ABOUT GAMMAS														
OS-193	76	117	30.5 M	β ⁻		100			β ⁻ TO G.S. (99.7)			3/2 -	NDS 32	
PRECURSOR: UNKNOWN														
LIMIT 0.1 - MANY WEAK GAMMAS - S + 1540														
63.3	X	3.74	96.8	1	.10	219.1	1	.24	321.6	1	1.28	484.2	1	.17
64.9	X	6.46	107.0	1	.64	251.6	1	.22	361.8	1	1.30	557.6	1	1.30
73.0	X	3.2	138.9	1	4.27	280.4	1	1.24	387.5	1	1.26	559.3	1	1.49
73.5	X	2.22	180.0	1	.18	288.8	1	.14	420.3	1	1.17			
75.6	X	.57	181.8	1	.19	298.6	1	.19	440.5	1	3.95			
LA-193	77	116	STABLE ABUND.	62.7	SIM1 + 110	SIM1 + 0						3/2 +	ANA	
IX-193	77	116	10.4 D	IT		100						11/2 -	NDS 32	
PRECURSOR: OS-193 (30.5 M, 0.351)														
L X-RAYS CALCULATED (UNCERTAIN)														
8.0	X	.55	10.6	X	4.6	63.3	X	.14	73.5	X	.083	80.3	1	.0246
9.2	X	12.0	12.8	X	1.48	64.9	X	.24	75.6	X	.021			
PT-193	78	115	50, Y	EC		100			EC TO G.S. (100)			11/21+	NDS 32	
PRECURSOR: PT-193 M (4.33 D, 100)														
AU-193 G (17.65 M, 100)														
NO GAMMAS; L X-RAYS CALCULATED FROM THEORY														
8.0	X	.4	9.2	X	8.5	10.8	X	8.3	12.7	X	1.4			
PT-193	78	115	4.33 D	IT		100						11/21+	NDS 32	
PRECURSOR: AU-193 G (3.9 S, 0.03)														
12.4	1	.66	66.8	X	7.38	77.9	X	.67						
65.1	X	4.30	75.7	X	2.53	135.5	1	.11						
AU-193	79	114	17.65 M	EC		100			EC TO G.S. (100)			3/2 +	NDS 32	
PRECURSOR: AU-193 M (3.9 S, 99.97)														
HG-193 G (3.80 M, 100)														
LIMIT 0.1 - UNCERTAINTY IN NORMALIZATION: 10 PERCENT														
12.6	1	.22	112.5	1	2.1	230.5	1	.54	303.4	1	.3	437.4	1	.49
65.1	X	32	114.2	1	.79	232.2	1	.54	317.7	1	.23	459.0	1	1.91
66.8	X	55	118.0	1	.54	251.4	5	.3	324.9	1	.35	477.0	1	.46
73.6	1	.10	119.6	1	.18	255.6	1	6.70	377.1	1	.51	478.4	2	.1
75.7	X	19	155.7	1	.35	259.0	1	.2	387.6	1	.38	489.6	2	.23
77.9	X	5.0	173.5	1	2.90	268.2	1	3.89	401.3	3	.1	491.3	1	.70
99.9	1	.12	184.2	1	10.1	269.8	1	.84	408.4	2	1.13			
110.3	1	.84	187.8	1	.9	281.8	1	.16	424.8	1	1.15			
HU-193	79	114	3.9 S	17/EC,β ⁺		99.97/0.03						11/21+	NDS 32	
PRECURSOR: HG-193 M (11.8 M, 91.4)														
LIMIT 0.01														
38.2	1	.046	68.8	X	11.5	80.2	X	1.07	258.0	1	45.7			
67.0	X	6.73	77.9	X	3.96	219.7	1	3.76						
HG-193	80	113	3.80 M	EC,β ⁺		100			EC,β ⁺ TO G.S. (100)			3/2 -	SEE COMMENT	
PRECURSOR: HG-193 M (11.8 M, 0.6)														
TL-193 G (21.6 M, 100)														
TL-193 M (2.1 M, 1)														
DATA DERIVED FROM DECAY SCHEME BY COMPILER - ALL INTENSITIES TENTATIVE - CH, VIEUX, THESIS, ORSAY NR. 1234 (194)														
39.2	1	.6	361.6	1	11	746.1	2	2.3	1094.5	4	.6	1756.7	5	.3
386.6	1	16	429.5	3	11	789.2	2	4.7	1118.8	2	8.3	1776.4	4	.8
218.1	1	3.7	444.5	5	.7	827.8	2	4.0	1221.1	5	.3	1815.8	4	2.6
219.8	1	.6	539.0	1	1.2	861.3	2	13	1276.4	3	2.2	1824.3	4	.5
224.8	1	1.1	550.6	1	.5	920.0	4	.8	1278.5	4	.6	1862.2	4	1.5
256.0	1	14	547.2	5	.5	953.7	4	.9	1565.0	6	.1	1976.6	4	1.8
280.9	1	.2	581.0	1	.6	1040.5	3	2.3	1403.4	3	2.1			
287.0	1	1.4	668.5	1	.5	1080.7	3	3.8	1662.1	4	.6			
HU-193	80	113	11.8 M	EC/IT		91.4/8.4			EC,β ⁺ TO M.S. (100)			13/2 +	SEE COMMENT	
PRECURSOR: TL-193 G (21.6 M, 100)														
LIMIT 0.1 - AVERAGE UNCERTAINTY IN INTENSITIES: CA. 15 PERCENT - CH, VIEUX, THESIS, ORSAY NR. 1234 (194)														
38.2	1 D	.15	77.9	X	18	218.1	1	6.0	258.0	1	58.4	299.6	1	.62
39.5	1	.36	80.2	X	5.0	219.8	1	3.3	280.9	1	.2	341.9	1	3.0
47.0	X	31	126.6	1	.12	224.8	1 D	1.5	281.8	1	.90	345.3	2 M	2.0
68.8	X	53	186.6	1 D	2.2	241.7	1	.17	290.8	1	1.9	340.5	1	.40

CONT'D ON NEXT PAGE

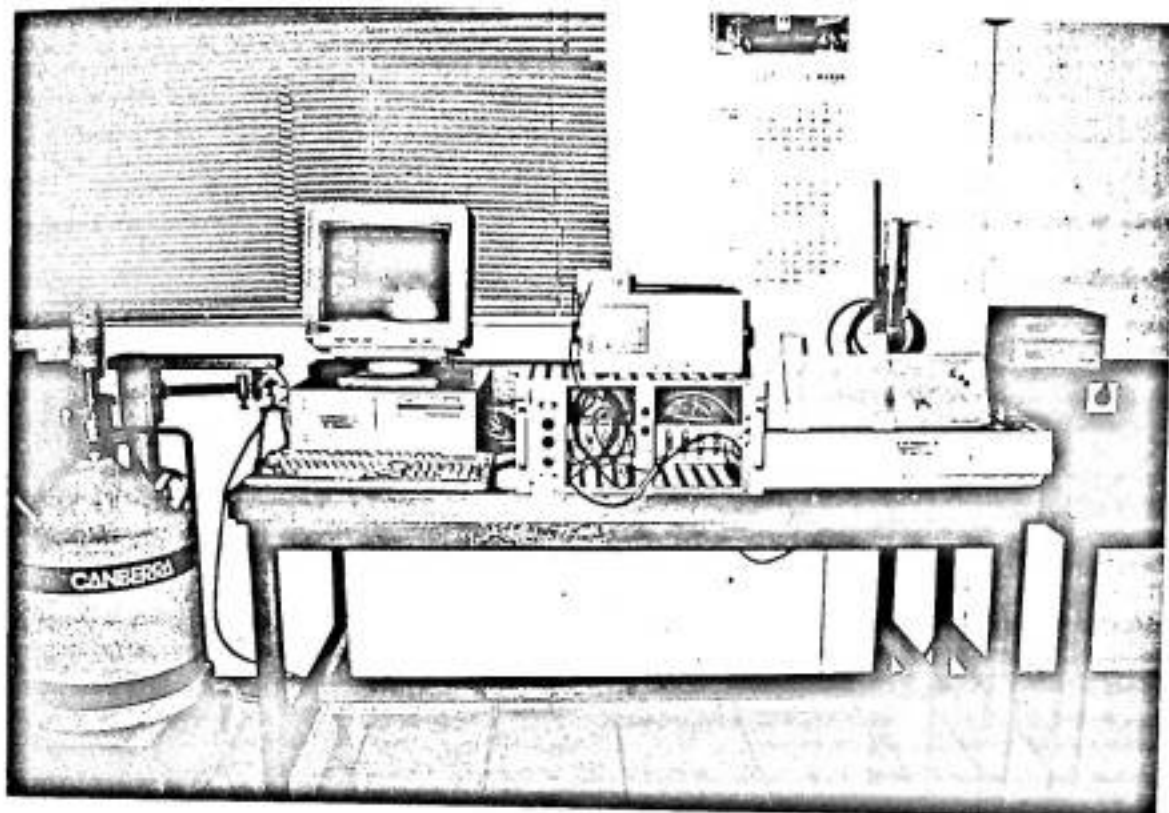
Gamma Rays Ordered by Nuclide

See page 198 for Explanation of Tables

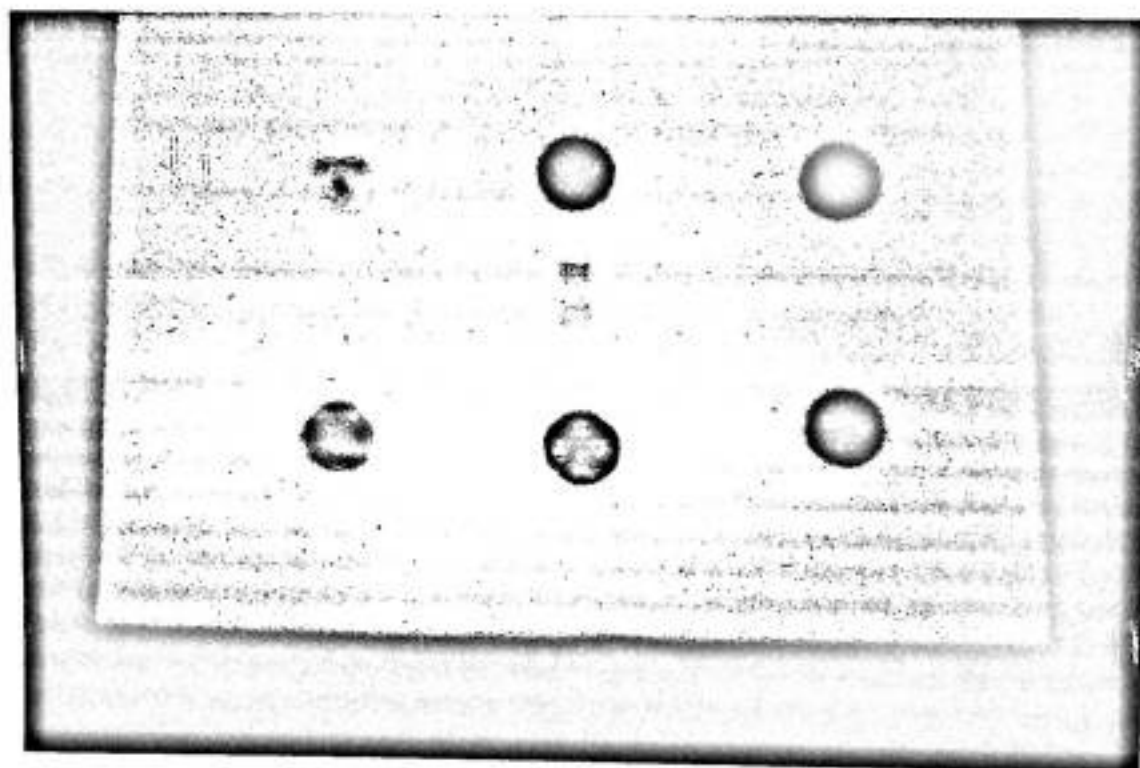
NUCLIDE	I	Z	M	HALFLIFE PRECURSOR(S) AND COMMENT	DECAY MODES	BRANCHING	TO G.S. OR H.S.		SPIN AND PARITY		REFERENCES													
							(ABUNDANCE)	ENERGY DE	(ABUNDANCE)	ENERGY DE														
Hg-193 M																								
CONTINUED																								
364.5	1	1	2.8	1	624.9	1	1.48	1	863.3	2	0	1.8	1	1178.6	2	1	3.30	1	1525.1	3	1	1.4	1	
361.6	1	G	3.1	1	626.2	1	1.2	1	870.1	2	1	2.9	1	1196.4	3	1	1.12	1	1533.5	4	1	.20	1	
362.5	1	1	4.7	1	639.0	4	1.80	1	877.8	2	1	4.8	1	1232.2	2	1	2.3	1	1539.0	4	1	.17	1	
364.0	1	1	5.7	1	643.4	1	1.3	1	883.4	4	1	.2	1	1241.3	2	1	5.6	1	1556.9	3	1	.42	1	
404.4	1	1	1.4	1	645.3	1	1.2	1	885.3	4	1	.26	1	1256.1	3	1	.22	1	1581.9	3	1	.23	1	
407.6	1	1	37.	1	654.5	2	1.2	1	913.1	2	1	3.6	1	1261.9	3	1	.32	1	1585.5	4	1	.27	1	
421.8	4	1	.40	1	657.6	2	1.2	1	920.0	4	0	1.1	1	1265.4	5	1	.2	1	1599.9	3	1	.27	1	
429.5	1	D	1.6	1	661.7	4	1.3	1	932.4	2	15.	1	1	1279.9	2	1	.68	1	1623.4	3	D	.30	1	
431.5	1	1	.2	1	662.7	1	1.57	1	939.1	4	1	.16	1	1276.4	3	D	.3	1	1624.5	3	1	.45	1	
444.0	4	1	.2	1	668.5	1	1.83	1	952.0	4	1	.3	1	1285.2	2	1	1.4	1	1639.4	3	1	3.4	1	
446.5	5	D	.1	1	675.2	1	1.7	1	953.7	4	0	1.1	1	1294.3	4	1	.1	1	1648.5	3	1	2.6	1	
461.8	1	1	1.9	1	684.8	1	1.4	1	957.4	4	1	.35	1	1296.8	3	1	.3	1	1670.1	5	1	.35	1	
467.4	1	1	.37	1	692.5	1	1.3	1	964.1	4	1	.1	1	1301.0	4	1	.19	1	1697.9	3	1	.18	1	
491.3	4	1	.4	1	702.9	1	1.68	1	985.9	4	1	.1	1	1314.5	2	1	1.6	1	1732.3	4	1	.37	1	
499.6	1	1	5.5	1	706.3	1	1.1	1	994.6	2	1	3.5	1	1325.5	2	1	4.9	1	1746.3	3	1	.75	1	
509.4	1	1	1.6	1	732.2	1	1.83	1	1005.5	5	1	.2	1	1339.5	2	1	4.7	1	1752.2	3	1	.1	1	
516.7	4	1	.2	1	725.6	2	1.80	1	1004.4	5	1	.23	1	1351.5	3	1	.4	1	1776.4	4	1	.1	1	
529.5	1	1	1.2	1	732.0	1	1.46	1	1007.8	4	1	.12	1	1355.5	3	1	.3	1	1815.6	4	0	.37	1	
535.1	1	1	4.5	1	738.6	2	1.5	1	1013.3	4	1	.15	1	1359.4	4	1	.1	1	1836.2	4	1	.1	1	
537.1	1	1	4.7	1	739.5	2	1.4	1	1035.5	2	1	1.8	1	1385.1	2	1	3.1	1	1848.5	3	1	.32	1	
539.0	1	1	1.5	1	746.1	2	1.1	1	1037.2	3	1	.2	1	1392.0	2	1	.45	1	1852.7	4	D	.21	1	
545.1	1	1	.90	1	752.7	2	1.55	1	1040.5	3	D	1.33	1	1394.5	2	1	1.8	1	1869.2	3	1	.30	1	
547.4	1	1	.4	1	757.6	2	1.30	1	1052.0	2	1	1.2	1	1400.0	3	1	.1	1	1892.5	4	1	.18	1	
548.6	1	1	.8	1	767.0	2	1.45	1	1075.9	3	1	.82	1	1406.6	2	1	2.2	1	1929.8	4	1	.16	1	
550.6	1	1	1.5	1	776.6	2	1.6	1	1080.7	3	D	.53	1	1432.4	2	1	1.5	1	1916.4	3	1	.73	1	
560.0	4	1	.4	1	778.4	2	1.4	1	1097.2	3	1	.2	1	1442.0	2	1	.33	1	1919.8	4	1	.20	1	
573.3	1	1	31.	1	789.2	2	1.45	1	1109.8	2	1	2.5	1	1459.8	4	1	.76	1	1923.5	4	1	.25	1	
580.9	1	D	.6	1	790.4	4	1.1	1	1118.6	2	D	1.2	1	1461.6	2	1	.73	1	1925.5	4	1	.30	1	
583.3	1	1	.2	1	801.7	3	1.2	1	1132.5	2	1	.24	1	1476.7	2	1	.65	1	1963.6	4	1	.31	1	
591.7	1	1	.24	1	816.8	2	1.53	1	1139.5	5	1	.1	1	1486.4	4	1	.34	1	1976.6	4	0	.25	1	
400.6	1	1	4.7	1	827.8	2	1.57	1	1147.2	2	1	.30	1	1499.2	4	1	.23	1						
408.7	1	1	.2	1	840.9	3	1.33	1	1160.2	2	1	.86	1	1503.8	3	1	1.2	1						
614.3	1	1	.77	1	854.8	2	1.2	1	1171.5	2	1	1.4	1	1503.8	3	1	1.2	1						
623.1	1	1	.57	1	855.8	4	1.31	1	1174.0	2	1	2.5	1	1517.5	3	1	.80	1						
Tl-193 G																								
I (81-112) 21.6 M EC,β ⁺ 100. EC,β ⁺ TO G.S. (100.1) 1/21.6 NDS 32																								
PRECURSOR: TL-193 M (2.1 M 75.%) 81-197 (9.5 M 0.1) I (2.%) + 1044.7 3 (1.59) + 1337.6 4 (1.5.6) +																								
49.5 (3) (10.) + 398.6 4 (1.6.9) + 720.0 5 (1.12.) + 1064.3 4 (1.7.1) + 1360.8 4 (1.4.8) +																								
207.7 2 (19.5) + 493.5 2 (1.12.1) + 752.5 4 (1.12.) + 1064.3 4 (1.7.1) + 1430.7 4 (1.4.5) +																								
274.4 2 (13.5) + 543.3 7 (1.3.8) + 759.1 7 (1.6.5) + 1086.2 6 (1.2.) + 1476.7 7 (1.3.) +																								
244.9 2 (11.6) + 574.9 5 (1.3.8) + 770.4 6 (1.12.9) + 1130.3 3 (1.12.) + 1476.7 7 (1.3.) +																								
294.2 3 (1.4.3) + 636.4 3 (1.18.) + 773.9 6 (1.2.) + 1165.8 4 (1.4.2) + 1486.1 7 (1.3.) +																								
324.4 (100.) + 652.9 3 (1.10.) + 783.0 15 (1.4.0) + 1152.0 4 (1.4.9) + 1523.4 4 (1.8.0) +																								
335.1 1 (1.26.1) + 655.0 5 (1.7.) + 821.2 2 (1.9.4) + 1205.4 3 (1.10.) + 1539.4 10 (1.8.8) +																								
344.0 1 (1.43.7) + 676.1 2 (1.48.) + 942.1 5 (1.2.) + 1229.2 4 (1.2.) + 1579.3 10 (1.45.) +																								
349.8 5 (1.2.) + 692.3 4 (1.20.9) + 994.7 3 (1.11.) + 1236.1 4 (1.5.) +																								
374.6 2 (1.7.6) + 733.0 4 (1.6.0) + 1034.4 3 (1.8.9) + 1256.0 3 (1.10.) +																								
Tl-193 M (81-112) 2.1 M 11/EC,β ⁺ 75./25. (1972 -) NDS 32																								
PRECURSOR: Pb-193 M (5.8 M 100.)																								
OTHER GAMMAS FROM EC,β ⁺ - DECAY EXPECTED																								
345.0 (67.%)																								
Pb-193 M (82-111) 5.8 M EC,β ⁺ 100. EC,β ⁺ TO H.S. (100.1) 113/2 +1 NDS 32																								
PRECURSOR: Bi-193 G (6.5 M U) 81-193 M (3.5 S U) PG-197 M (26. S 84.%)																								
DATA ARE FROM DECAY OF HIGH-SPIN ISOMER - NO INFORMATION ABOUT GROUND STATE AVAILABLE																								
324.3 (1.2.5) + 406.5 (1.2.4) + 866.2 (1.2.0) + 755.8 (1.2.6) +																								
365.0 (100.) + 431.5 (1.1.8) + 736.5 (1.6.7) + 1143.5 (1.1.6) +																								
392.2 (1.20.7) + 466.7 (1.1.2) + 736.1 (1.5.1) +																								
Bi-193 G (83-110) 44. S 8/EC,β ⁺ CA. 60./40. NDS 32																								
PRECURSOR: AT-197 (1.0.4 S U)																								
NO INFORMATION ABOUT GAMMAS																								
Bi-193 M (83-110) 3.5 S EC,β ⁺ 11/7A CA. 75./25. NDS 32																								
PRECURSOR: AT-197 (1.0.4 S U)																								
NO INFORMATION ABOUT GAMMAS																								
Po-193 G (84-109) 0.36 S 8 100. 0 PRC 24.2370 1811																								
PRECURSOR: UNKNOWN																								
NO INFORMATION ABOUT GAMMAS																								
Po-193 M (84-109) 0.26 S A 100. 4 PRC 24.2370 1811																								
PRECURSOR: UNKNOWN																								
NO INFORMATION ABOUT GAMMAS																								
Os-194 (76-118) 6.0 Y β ⁻ 100. β ⁻ TO G.S. (100.1) 0 + ZPA 284.33 (78) NDS 22																								
PRECURSOR: UNKNOWN																								
LIMIT 0.1 - NORMALIZATION FROM DAUGHTER GAMMAS IN EQUILIBRIUM																								
8.0 X (1.30) 42.9 2 (1.5.3) 293.5 1 (1.2.5) 422.0 1 (1.1.1) 1183.5 1 (1.1.1) .30																								
9.1 X (1.6.0) 45.1 2 (1.2.3) 300.7 1 (1.1.3) 645.1 1 (1.1.1) 1448.9 1 (1.1.1) .19																								
10.8 X (1.0.6) 66.8 2 (1.4.1) 328.4 1 (1.13.0) 936.7 1 (1.1.1) .59																								
12.8 X (1.2.95) 75.7 2 (1.1.1) 589.2 1 (1.1.1) 1150.8 1 (1.1.1) .59																								
Ir-194 G (77-117) 19.15 H β ⁻ 100. 1 - NDS 22																								
PRECURSOR: Os-194 (6.0 Y 100.)																								
LIMIT 0.1 - MANY NEAR GAMMAS																								
65.1 X (1.23) 293.5 1 (1.2.5) 589.2 1 (1.1.1) 936.7 1 (1.1.1) 1468.9 1 (1.1.1) .19																								
46.8 X (1.4.1) 300.7 1 (1.1.3) 422.0 1 (1.1.1) 1150.8 1 (1.1.1) .59																								
75.7 X (1.1.1) 328.4 1 (1.13.0) 645.1 1 (1.1.1) 1183.5 1 (1.1.1) .30																								
(11)																								
Ir-194 M (77-117) 171. D β ⁻ 100. NDS 22																								
PRECURSOR: NONE																								
NO ISOMERIC TRANSITION OBSERVED																								
45.1 X (1.4.6) 77.9 1 (1.1.3) 328.4 1 (1.92.8) 482.9 1 (1.96.9) 687.8 5 (1.59.1) 1011.8 5 (1.3.6)																								
66.8 X (1.8.0) 117.7 5 (1.8.8) 336.8 5 (1.55.1) 562.4 5 (1.69.9) 1011.8 5 (1.3.6)																								
75.7 X (1.2.7) 324.0 5 (1.2.) 590.8 5 (1.13.1) 600.5 5 (1.42.3)																								
Pt-194 (78-116) STABLE ABUND. 32.9 SIGI + 1.2 SIGM = 0.040 0 +																								

LAMPIRAN D

FOTO-FOTO



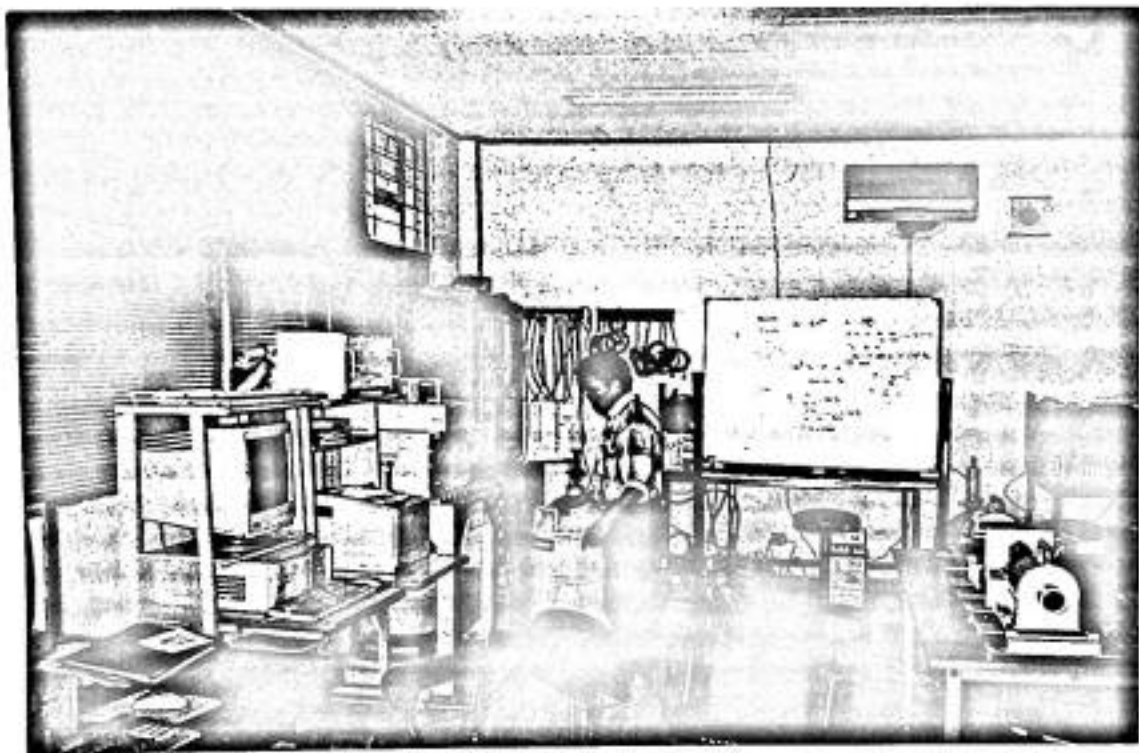
Peralatan yang digunakan



Sampel yang diteliti

SEKILAS TENTANG PENULIS

Jamrud Aminuddin, Lahir 11 Juni 1977 di Kasambang Kecamatan Tapalang, Kabupaten Mamuju Propinsi Sulawesi Selatan. Putra sulung dari pasangan Drs. Aminuddin dan Ny. Sohra (Almarhumah). Tamat SDN Taan tahun 1989, kemudian melanjutkan sekolah di SMPN I Tapalang tamat tahun 1992, setelah itu ke SMAN I Mamuju tamat tahun 1996. Pada tahun yang sama melanjutkan studi di Jurusan Fisika Fakultas MIPA UNHAS diterima melalui jalur UMPTN, selesai tahun 2001. Selama perkuliahan senantiasa aktif dalam lembaga HIMAFI, SEMA FMIPA UNHAS, SEMA UNHAS. Untuk tingkat nasional senantiasa aktif bersama Ikatan Himpunan Mahasiswa Fisika Indonesia (IHMAFI). Sedangkan lembaga ekstra yang digeluti adalah Himpunan Mahasiswa Islam.



JAMRUD MELAKUKAN PROSES PENGAMBILAN DATA

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

KAMPUS UNHAS TAMALANREA JALAN PERINTIS KEMERDEKAAN
TELP. 0411 - 510200 (PES. 2456, 2458, 2457, 2451)
0411 - 512016, FAX. 0411 - 512016 UJUNG PANDANG 90245

Nomor : 618 /J04.12/PL.02/99
Hal : Izin Penelitian

09 Juli 1999

Kepada

Yth. : Pimpinan Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN)
J a k a r t a

Dengan hormat,

Berdasarkan Surat Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA UNHAS No : 113/PJ04.12.FIS/PL/1999 tanggal 05 Juli 1999, kiranya kepada mahasiswa di bawah ini diizinkan untuk melakukan Penelitian pada Kantor Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) Jakarta tentang *Fisika Radiasi*, dalam rangka penyelesaian studinya di Jurusan Fisika FMIPA UNHAS, mahasiswa tersebut yaitu :

N a m a : Jamrud Aminuddin
No. Pokok : H21196006
Jurusan : Fisika
Prog. Studi : Fisika

Demikian penyampaian kami, atas kerjasama baik Saudara disampaikan terima kasih.

D e k a n
ub. Pembantu Dekan I,

Drs. Rudi Arifin, MSc
NIP. 130 604 513

Tembusan Kepada Yth. :

1. Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNHAS
2. A r s i p.



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

(NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY)

PUSAT PENDIDIKAN DAN LATIHAN

(CENTRE FOR EDUCATION AND TRAINING)

JL. CINERE - PASAR JUMAT, KOTAK POS 1810 JKS JAKARTA SELATAN 12018 INDONESIA

TELEPON : 7659409, 7659410, FAX : 7659408, E-MAIL = PDL1@DNET.NET.ID

M E M O

Kepada : Yth. Kepala Bagian Tata Usaha
Dari : Bidang Penyelenggaraan
Lampiran : 1 (satu) helai
Perihal : Penelitian Tugas Akhir

Jakarta, 19 Agustus 1999

Sehubungan dengan surat dari Dekan FMIPA Universitas Hasanuddin Jurusan Fisika No. 618/J 04.12.1/PL.02/99 tanggal 09 Juli 1999 perihal permohonan izin penelitian bagi mahasiswa :

No.	Nama Mahasiswa	No. Pokok
I.	Jamrud Aminuddin	H21196006

dengan hormat kami mohon kesediaan Saudara menerima yang bersangkutan untuk melaksanakan penelitian dalam rangka tugas akhir di Pusdiklat - BATAN dengan Pembimbing Drs. Widodo Soemadi.

Kami berharap dapat menerima informasi yang tidak terlalu lama dari Saudara untuk kami teruskan kepada Dekan FMIPA Universitas Hasanuddin Jurusan Fisika.

Atas perhatian dan kerjasama Saudara kami mengucapkan terima kasih.

KEPALA BIDANG PENYELENGGARAAN

Drs. JOSEPH SASSUNG

NIP. 330002460

Tembusan Yth.:

I. Drs. Widodo Soemadi.



BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
(NATIONAL NUCLEAR ENERGY AGENCY)
PUSAT PENDIDIKAN DAN LATIHAN
(CENTRE FOR EDUCATION AND TRAINING)

JL. CINERE - PASAR JUMAT, KOTAK POS 1810 JKS JAKARTA SELATAN 12018 INDONESIA
TELEPON : 7659409, 7659410, FAX : 7659408, E-MAIL = PDL1@DNET.NET.ID

Nomor : 312 /HM 03/99.
Lampiran : -
Perihal : Penetian Tugas Akhir

Jakarta, 20 Agustus 1999

Kepada Yth.:
Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasannuddin
u.p. Pembantu Dekan I
Drs. Rudi Arifin, M.Sc.
Kampus Tamalanrea KM.10
UJUNG Pandang

Sehubungan dengan surat Saudara No.618/JO4.12/PL.02/99 tanggal 09 Juli 1999 perihal permohonan Tugas Akhir bagi mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Hasanuddin:


Nama : Jamrud Aminuddin
No. Pokok : H21196006
Program : Strata Satu (S-1)
Jurusan : Fisika

dengan hormat kami sampaikan bahwa PUSDIKLAT- BATAN dapat menerima permohonan Saudara.

Selanjutnya yang bersangkutan segera menghubungi Drs. Widodo Soemadi di Pusdiklat-Batan untuk membicarakan teknis pelaksanaannya. Apabila mahasiswa yang bersangkutan tidak dapat melakukan tugas akhir tersebut atau ingin mengganti dengan mahasiswa lain segera memberitahukan ke PUSDIKLAT - BATAN.

Atas perhatian Saudara kami mengucapkan terima kasih.

K E P A L A
PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN


Ir. SUDARMADI, M.Sc.
N I P. 330000975

Tembusan Yth.:

1. Kepala Bidang/Bagian Pusdiklat
2. Sdr. Jamrud Aminuddin
3. Drs. Widodo Soemadi