



---

LABORATOIRE NATIONAL  
HENRI BECQUEREL

---

**Note technique LNHB/04-04**

## **LE RADIUM 226 ET SES DESCENDANTS**

### **Tables et commentaires**

M.M. Bé, V. Chisté, C. Duliou

**21 Janvier 2004**

## Sommaire

- 1 – Chaîne radioactive du radium 226  
Commentaires sur les différentes mises à jour
- 2 – Ra-226  
Tables et schéma  
Commentaires
- 3 – Pb-214  
Tables
- 4 – Bi-214  
Tables
- 5 – Pb-210  
Tables
- 6 – Emissions X et gamma pour la chaîne à l'équilibre radioactif  
Tables
- 7 – Proposition d'évaluation des principales émissions gamma pour la chaîne à l'équilibre par  
R.G. Helmer  
Tables et commentaires

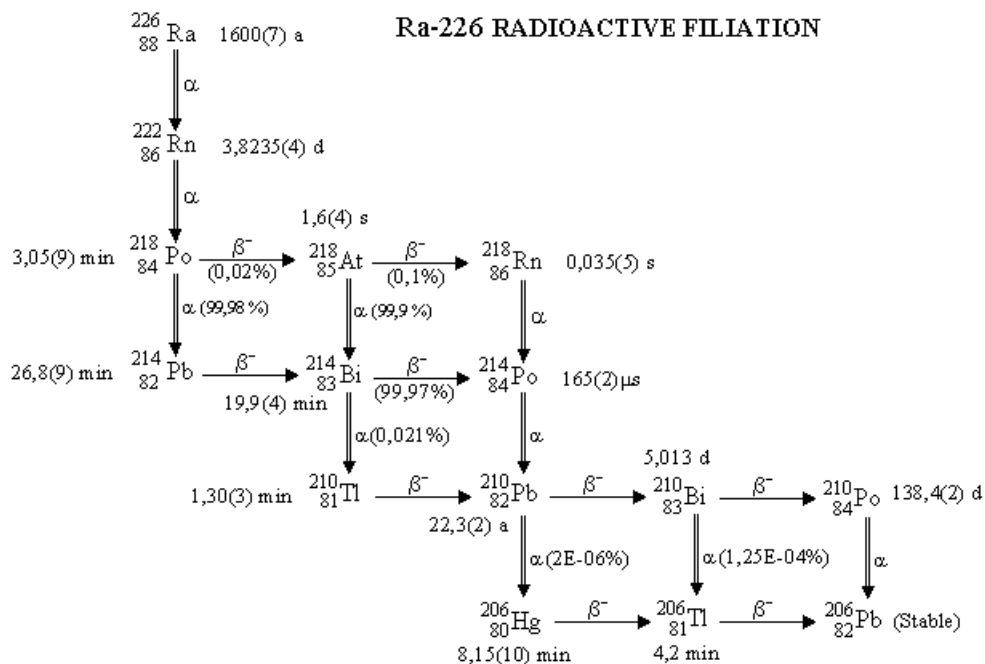
### Chaîne radioactive du Ra-226

La présente mise à jour (octobre, 2003) est faite à la suite de la ré-évaluation du Ra-226 considéré seul, pour lequel une étude complète a été réalisée (voir Tables et commentaires dédiés à cette étude).

Pour chaque radionucléide considéré seul, la mise à jour est faite à partir des données de la Table de Radionucléides publiée en 1983.

Le présent travail ré-évalue les émissions gamma pour chaque nucléide, s'il y a lieu, à partir de nouvelles mesures réalisées depuis 1983 principalement sur la chaîne à l'équilibre jusqu'à Pb-210. D'autre part, afin de conserver des schémas de désintégration cohérents, les probabilités des transitions gamma et bêta ont été recalculées ainsi que les émissions des électrons de conversion et électrons Auger, et les émissions X.

Dans un premier temps les nucléides sont repris un à un, puis considérés à l'équilibre dans la chaîne.



## Etude de chaque radionucléide considéré seul

### Rn-222

Ce radionucléide se désintègre par émission alpha principalement (99,92%) sur le niveau fondamental de Po-218, il n'y a pas de modification par rapport à l'édition de 1983.

### Po-218

Ce radionucléide se désintègre par émission alpha principalement (99,98%) sur le niveau fondamental de Po-214, il n'y a pas de modification par rapport à l'édition de 1983.

### Pb-214

La désintégration par transitions bêta de ce radionucléide est accompagnée de plusieurs émissions gamma. Par rapport à la Table de Radionucléides publiée en 1983 les mises à jour suivantes ont été effectuées :

- 1) Les intensités des gamma > 0,5% ont été calculées par Helmer (AIEA – Tecdoc à paraître en 2004, le pré rapport est donné en annexe)
- 2) Les intensités des gamma > 0,2% ont été calculées d'après des tables de Helmer (référence ci-dessus) en suivant la même méthode, ce sont : 53,2 ; 480,5 ; 487,1 ; 580,3 keV

E (keV)	I %
480,5	0,335(5)
487	0,4304(33)
580,3	0,3672(39)
53,2	1,070(11)

- 3) Les coefficients de conversion internes ont été re calculés, d'après les tables de Rösel, pour toutes les transitions > 0,2% et de multipolarité connue, afin de pouvoir calculer les émissions X.
- 4) La probabilité de la transition gamma 785,9 keV (0,84 %) est déterminée par l'équilibre des transitions gamma arrivant et quittant le niveau 1, ce niveau n'étant pas alimenté par une transition bêta. Idem pour la transition gamma de 274,7 keV (0,57 %).
- 5) Les probabilités de transitions des bêta sont déterminées par ajustement de la balance des niveaux.
- 6) Les intensités des XK calculés (= 21,6 (4)%) d'après le schéma sont supérieurs à ceux mesurés par Delgado (=20,0 (1)%), cependant l'accord est meilleur que dans le cas du Ra-226 (voir commentaires associés)

Bi	Delgado (2002De03)	Schötzig (1983Sc13)	Calculated
K $\alpha$ 1	9,96 (9)		10,55 (20)
K $\alpha$ 2	5,92 (5)		6,31 (13)
K $\alpha$	15,88 (10)	16,3 (4)	16,9 (4)
K $\beta$ 1	3,175 (82)		3,61 (9)
K $\beta$ 2	0,988 (52)		1,11 (4)
K $\beta$	4,163 (97)	4,94 (12) (Bi + Po)	4,72 (12)

La comparaison avec les intensités mesurées par Schötzig (= 16,3 (4)%) est difficile, car la source utilisée a été produite il y a plusieurs années et le Pb-210 n'y est pas en équilibre mais existe pour une

certaine quantité ; il y a donc une contribution aux émissions X qui provient du bismuth, suite à la désintégration de Pb-210.

### Bi-214

la désintégration par transitions bêta de ce radionucléide est accompagnée de plusieurs émissions gamma. Par rapport à la Table de Radionucléides publiée en 1983 les mises à jour suivantes ont été effectuées :

1) Les intensités des gamma > 0,5% ont été calculées par Helmer (AIEA – Tecdoc à paraître en 2004, le pré rapport est donné en annexe).

2) - Pour les raies gamma 387 et 389 keV, une moyenne pondérée est faite à partir du tableau de Helmer, seules les valeurs relatives sont prises en compte

- Pour la raie double 785,2 (Bi-214) + 785,9 (Pb-214) keV une moyenne pondérée des valeurs relatives et absolues a été faite. La contribution de la raie 785,9 keV (voir ci-dessus Pb-214) est soustraite de l'ensemble pour déterminer l'intensité de l'émission à 785,2 keV.

- Les intensités des gamma > 0,2% ont été calculées d'après des tables de Helmer (référence ci-dessus) en suivant la même méthode, ce sont :

E (keV)	I %
387	0,2942(23)
389	0,3991(43)
454	0,287(2)
719	0,41 (1)
785	0,23(8)
964	0,373(14)
1051	0,321(16)
1069	0,288(21)
1207	0,479(27)
1385	0,787(7)
1538	0,452(27)
1543	0,307(13)
1594	0,303(23)
1599	0,343(27)

3) Les coefficients de conversion internes ont été recalculés, d'après les tables de Rösel, pour toutes les transitions > 0,2% et de multipolarité connue, afin de pouvoir calculer les émissions X.

4) Les probabilités des transitions  $\beta$  sont déduites de la balance des niveaux

5) Les intensités des électrons de conversion sont calculées.

6) Les intensités des émissions d'électrons Auger et des émissions XK et XL sont recalculées à partir des données du schéma et comparées à des valeurs expérimentales ci-dessous :

Po	Delgado (2002De03)	Schötzig (1983Sc13)	Calculated
K $\alpha$ 1	0,950 (64)		0,637 (11)
K $\alpha$ 2	0,522 (27)		0,383 (7)
K $\alpha$	1,472 (69)	1,77 (5)	1,020 (18)
K $\beta$ 1	0,345 (5)		0,219 (5)
K $\beta$ 2	0,083 (4)		0,0682 (19)
K $\beta$	0,428 (5)	0,494 (12) (Bi + Po)	0,288 (7)

Dans ce cas les valeurs mesurées par Delgado *et al.* sont systématiquement plus fortes que les valeurs calculées, alors que dans les deux cas précédents (Ra-226 → Rn et Pb-214 → Bi) elles étaient systématiquement plus faibles.

(Mêmes remarques que précédemment au sujet des valeurs de Schötzig)

#### Po-214

Ce radionucléide se désintègre par émission alpha principalement (99,99%) sur le niveau fondamental de Pb-210, il n'y a pas de modification par rapport à l'édition de 1983.

#### Pb-210 :

1) L'intensité du gamma 46,5 keV a été mesurée par Schötzig et Hino

Hino (1990) 4,26 (7)%

Schötzig (1990) 4,24 (5)%

La moyenne pondérée et l'incertitude la plus faible des deux mesures sont adoptées, soit : 4,25 (5) %

2) Les coefficients de conversion internes adoptés pour la transition de 46,5 keV et de multipolarité M1 sont ceux déduits des tables de Rösel *et al.* (2003)

3) Comparaison des intensités XL calculées en utilisant les coefficients de conversion de Band et ceux de Rösel respectivement avec les valeurs mesurées :

	Calculées (Band)	Schötzig (1990)	Calculées (Rosel)
p(XLEta)	0,0743(26)	0,075 (4)	0,0759 (27)
p(XLGamma5)	0,0196(8)		
p(XLGamma1)	0,581(21)	0,682 (27)	0,593 (21)
p(XLGamma2)	0,484(20)	1,38 (4)	0,517 (21)
p(XLGamma3)	0,577 (23)		0,617 (25)
p(XLGamma4',4)	0,214(9)	0,30 (2)	0,229 (10)
p(L1-P2,3)	0,0132(8)		0,0141 (8)
p(XLGamma8)	0,0041(4)		0,0042 (4)
p(XLGamma6)	0,0839(29)		0,0858 (30)
p(L2-P1)	0,0007(4)		0,0007 (4)
p(XLI)	0,550(23)	0,55 (3)	0,587 (24)
p(XLAlpha)	10,3 (4)	9,48 (17)	11,0 (4)
p(XLBeta4,6)	1,97 (8)	2,55 (7)	2,10 (8)
p(XLBeta1,2,15)	4,78 (13)	6,59 (33)	4,97 (13)
p(XLBeta7)	0,0295(18)		0,0314 (19)
p(XLBeta3,5)	2,26 (8)	1,54 (9)	2,41 (9)
P(XLBeta)	9,03 (17)	10,4 (11)	9,51 (18)
p(L3-P1)	0,0054(14)		

**Bi-210**

Ce radionucléide se désintègre par émission bêta principalement (99,99%) sur le niveau fondamental de Po-210, il n'y a pas de modification par rapport à l'édition de 1983.

**Po –210**

Ce radionucléide se désintègre par émission alpha principalement (99,99%) sur le niveau fondamental de Pb-206, il n'y a pas de modification par rapport à l'édition de 1983.

**Chaîne à l'équilibre**

Cette partie de l'étude est destinée à la mise à jour de la bibliothèque de spectrométrie gamma.

La chaîne radioactive de Ra-226 comprend 13 radionucléides. Les périodes des premiers descendants jusqu'à Pb-210 ( $T_{1/2} = 22,3$  a) sont très courtes par rapport à la période de Ra-226 (1600 a).

Cette première partie de la chaîne est considérée à l'équilibre pour  $t \geq 38,5$  jours, i.e. dix fois la période de Rn-222.

Le rapport, à l'instant  $t$ , des activités  $A = \text{Pb-210/Ra-226}$  dans le Ra-226 initialement pur s'écrit :

$$A = T_{\text{Ra}} / (T_{\text{Ra}} - T_{\text{Pb}}) = 1,014 \quad (10)$$

$$\text{Où } T_{\text{Ra}} = 1600 \quad (7) \text{ a et } T_{\text{Pb}} = 22,3 \quad (2) \text{ a}$$

Pour l'ensemble de la chaîne considérée à l'équilibre séculaire, en négligeant le branchement vers Hg-206 et Tl-206, les activités des descendants, pour 100 désintégrations de Ra-226 sont :

Nucléide	Activité, %
Ra-226	100
Rn-222	100
Po-218	100
At-218	$\approx 0,020$ (3)
Pb-214	99,980 (3)
Bi-214	100
Po-214	99,979 (1)
Tl-210	0,021 (1)
Pb-210	101,4 (4)
Bi-210	101,4 (4)
Po-210	101,4 (4)

Dans ce qui suit on néglige les branchements vers At-218 (0,02%) et Tl-210 (0,021%).

En résumé : jusqu'à Pb-210 *non-inclus*, les intensités des émissions  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  sont identiques à celles du corps considéré seul. Par contre, depuis Pb-210 ces intensités sont affectées du facteur multiplicatif défini ci-dessus.

1) Pour le calcul des intensités des X, certains atomes apparaissent deux fois dans la chaîne, les intensités des émissions X sont sommées. Ceci intervient principalement pour les intensités XL du bismuth :

- Pb-214  $\rightarrow$  Bi-214 : IXL = 12,50 (22) %

- Pb-210  $\rightarrow$  Bi-210 : IXL = 23,2 (6) %

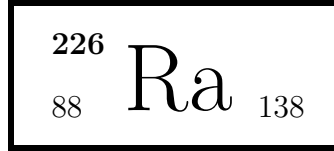
Soit intensité XL total pour le bismuth :  
 $12,50 + 23,2 \times 1,014 = 36,0$  (7)

2) Pour le calcul des intensités gamma, celui du Po-210 est concerné essentiellement par le facteur multiplicatif, les autres intensités gamma étant très faibles sont négligées.

### Références

- F. Lagoutine, N. Coursol, J. Legrand. Table de Radionucléides, ISBN 2 7272 0078 1 (LMRI, 1982- 1987)
- 1969Li11 - E. W. A. Lingeman, J. Konijn, P. Polak, A. H. Wapstra, Nucl. Phys. A133 (1969) 630
- 1975Ha31 - M. A. Hachem, C. R. Acad. Sc. Paris 281 (1975) Series B 45
- 1978Ro21 - F. Rösel, H.M. Friess, K. Alder, H.C. Pauli, At. Data. Nucl Data Tables 21 (1978) 92
- 1979He13 - R. G. Helmer, R. J. Gehrke, R. C. Greenwood, Nucl. Instr. & Meth. 166 (1970) 547
- 1982AK03, H. Akçay, G. Mouze, D. Maillard, Ch. Ythier, Radiochem. Radioanal. Lett. 51 (1982) 1
- 1983OI01 - D. G. Olson, Nucl. Instr. & Meth. 206 (1983) 313
- 1983Sc13 - U. Schötzig, K. Debertin, Intern. J. Appl. Radiat. & Isot. 43 (1983) 533
- 1989Si17 - B. Singh, A. R. Farhan, H. W. Taylor, Z. Phys. A 334 (1989) 33
- 1990Hi - Y. Hino, Y. Kawada, Nucl. Instr. & Meth. A 286 (1990) 543
- 1990Mo - G. Mouze, C. Ythier, J. F. Comanducci, Rev. Roum. Phys. 35 (1990) 337 as quoted in 2000Sa32.
- 1991Li11 - W.-J. Lin, G. Harbottle, J. Radioanal. & Nucl. Chem. Lett. 153 (1991) 137
- 1995EI07- Y. A. Akovali, Nucl. Data Sheets 75 (1995) 127
- 1998Mo14 - J. Morel, M. Etcheverry, J. L. Picolo, Appl. Radiat. & Isot. 49 (1998) 1387
- 2000He14 - R. G. Helmer, C. van der Leun, Nucl. Instr. & Meth. A 450 (2000) 35
- 2000Sa32 - D. Sardari, T. D. MacMahon, J. Radioanal. & Nucl. Chem. 244 (2000) 463
- 2002De03 - J. U. Delgado, J. Morel, M. Etcheverry, Appl. Radiat. & Isot. 56 (2002) 137
- 2002Ba - I.M. Band, M.B. Trzhaskovskaya. At. Data. Nucl Data Tables 88,1 (2002)
- 2003Mo - G. L. Molnár, ZS. Révay, T. Belgya, 11th Int. Symp. On Capture gamma-ray Spectroscopy, 2-6 sept. 2002, Pruhonice. To be published (2003)





## 1 Decay Scheme

Le Ra-226 se désintègre par émission alpha principalement vers le niveau excité de 186 keV et le niveau fondamental de Rn-222.

*Ra-226 disintegrates by alpha emission mainly to the 186 keV level and to the ground state level of Rn-222.*

## 2 Nuclear Data

$T_{1/2}(^{226}\text{Ra})$	: 1600	(7)	a
$T_{1/2}(^{222}\text{Rn})$	: 3,8235	(4)	d
$Q^\alpha(^{226}\text{Ra})$	: 4870,63	(25)	keV

### 2.1 $\alpha$ Transitions

	Energy keV	Probability $\times 100$	F
$\alpha_{0,4}$	4235 (2)	0,0002	8,65
$\alpha_{0,3}$	4270 (2)	0,0008	4,5
$\alpha_{0,2}$	4422 (1)	0,0065 (16)	10,4
$\alpha_{0,1}$	4684 (1)	5,96 (8)	0,96
$\alpha_{0,0}$	4870,54 (25)	94,03 (8)	1

### 2.2 Gamma Transitions and Internal Conversion Coefficients

	Energy keV	P <sub><math>\gamma+ce</math></sub> $\times 100$	Multipolarity	$\alpha_K$	$\alpha_L$	$\alpha_M$	$\alpha_T$
$\gamma_{1,0}(\text{Rn})$	186,211 (13)	5,97 (8)	E2	0,190 (6)	0,367 (11)	0,0986 (30)	0,689 (21)
$\gamma_{2,1}(\text{Rn})$	262,27 (5)	0,0065 (16)	(E2)				0,212 (2)
$\gamma_{3,1}(\text{Rn})$	414,60 (5)	0,0003	(E1)				0,0165 (3)
$\gamma_{4,1}(\text{Rn})$	449,37 (10)	0,0002	[E1]				
$\gamma_{3,0}(\text{Rn})$	600,66 (5)	0,0005	(E1)				0,0077 (2)

### 3 Atomic Data

#### 3.1 Rn

$\omega_K$	:	0,967	(4)
$\bar{\omega}_L$	:	0,428	(17)
$n_{KL}$	:	0,804	(5)

##### 3.1.1 X Radiations

	Energy keV	Relative probability		
$X_K$	$K\alpha_2$	81,07	60,62	
	$K\alpha_1$	83,78	100	
	$K\beta_3$	94,247	}	
	$K\beta_1$	94,868	}	
	$K\beta_5''$	95,449	}	34,68
	$K\beta_2$	97,48	}	
	$K\beta_4$	97,853	}	11,1
	$KO_{2,3}$	98,357	}	
	$X_L$	$L\ell$	10,137	
		$L\alpha$	11,59 – 11,72	
$L\eta$		12,855		
$L\beta$		14,31 – 14,51		
$L\gamma$		16,24 – 17,2		

### 4 $\alpha$ Emissions

	Energy keV	Probability $\times 100$
$\alpha_{0,4}$	4160 (2)	0,0002
$\alpha_{0,3}$	4191 (2)	0,0008
$\alpha_{0,2}$	4340 (1)	0,0065 (16)
$\alpha_{0,1}$	4601 (1)	5,96 (8)
$\alpha_{0,0}$	4784,34 (25)	94,03 (8)

## 5 Electron Emissions

		Energy keV	Electrons per 100 disint.
ec <sub>1,0</sub> T	(Rn)	87,814 - 186,168	2,43 (7)
ec <sub>1,0</sub> K	(Rn)	87,814 (13)	0,67 (2)
ec <sub>1,0</sub> L	(Rn)	168,163 - 171,601	1,30 (4)
ec <sub>1,0</sub> M	(Rn)	181,738 - 183,327	0,35 (1)
ec <sub>1,0</sub> N	(Rn)	185,121 - 185,989	0,092 (3)

## 6 Photon Emissions

### 6.1 X-Ray Emissions

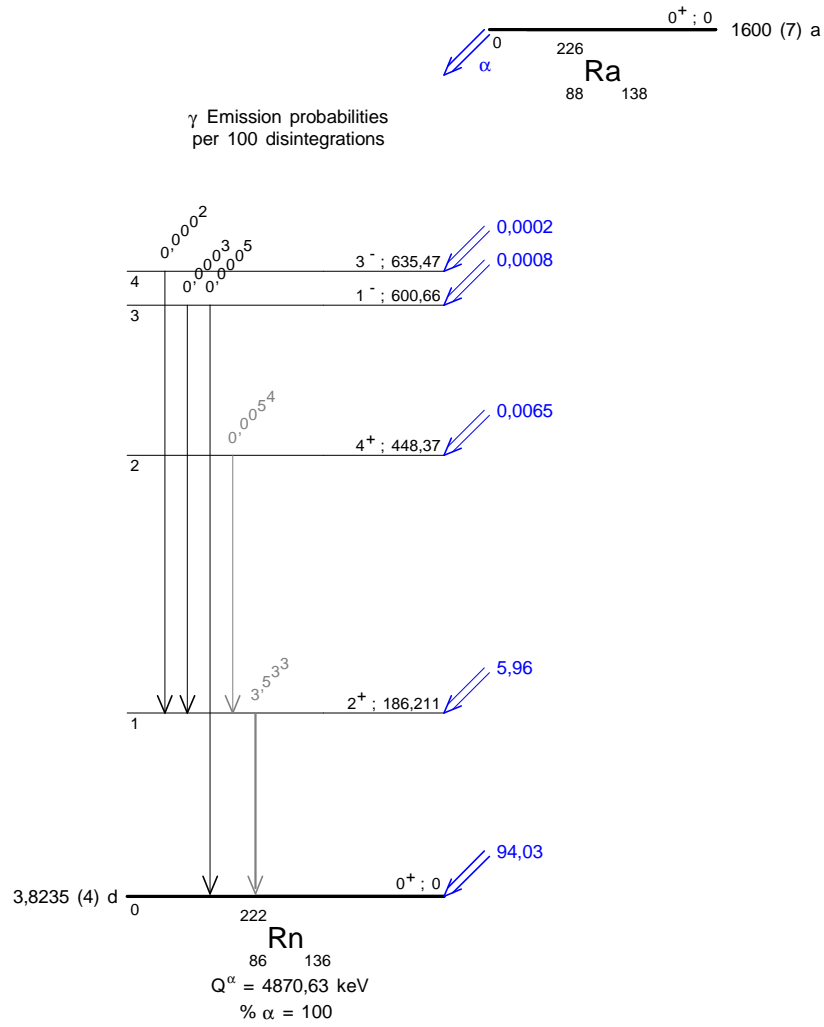
		Energy keV	Photons per 100 disint.			
XL	(Rn)	10,137 — 17,2	0,813 (17)			
XK $\alpha_2$	(Rn)	81,07	0,191 (7)	} K $\alpha$		
XK $\alpha_1$	(Rn)	83,78	0,315 (11)			
XK $\beta_3$	(Rn)	94,247	} 0,109 (4)	} K' $\beta_1$		
XK $\beta_1$	(Rn)	94,868				
XK $\beta_5''$	(Rn)	95,449				
XK $\beta_2$	(Rn)	97,48				
XK $\beta_4$	(Rn)	97,853			} 0,0349 (14)	} K' $\beta_2$
XK $O_{2,3}$	(Rn)	98,357				

### 6.2 Gamma Emissions

	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{1,0}$ (Rn)	186,211 (13)	3,533 (21)
$\gamma_{2,1}$ (Rn)	262,27 (5)	0,0054 (13)
$\gamma_{3,1}$ (Rn)	414,60 (5)	0,0003
$\gamma_{4,1}$ (Rn)	449,37 (10)	0,0002
$\gamma_{3,0}$ (Rn)	600,66 (5)	0,0005

## 7 References

- T.P.KOHMAN, D.P.AMES, J.SEDLET. NNES 14B (1949) 1675  
(Half-life)
- W.SEBAOUN. Ann. Phys. 1 (1956) 680  
(Half-life)
- G.R.MARTIN, D.G.TUCK. Int. J. Appl. Radiat. Isotop. 5 (1959) 141  
(Half-life)
- G.V.GORSHKOV, ET AL.. Atomnaya Energ., Atomic Energy (USSR) 7 (1959) 912  
(Half-life)
- F.S.STEPHENS, F.ASARO, I.PERLMAN. Phys. Rev. 119 (1960) 796  
(Gamma-ray emission probabilities)
- G.BASTIN-SCOFFIER, C.F LEANG, R.J WALEN. J. Phys. (Paris) 24 (1963) 854  
(Alpha emission energies Alpha emission probabilities)
- H.RAMTHUN. Nucleonics 8 (1966) 244  
(Half-life)
- E.W.A.LINGEMAN, J.KONIJN, P.POLAK, A.H.WAPSTRA. Nucl. Phys. A133 (1969) 630  
(Gamma-ray emission intensities)
- W.LOURENS, A.H.WAPSTRA. Z. Phys. 247 (1971) 147  
(Gamma-ray energies Gamma-ray emission probabilities)
- A.G. DE PINHO, M.WEKSLE. Z. Naturforsch. 28a (1973) 1635  
(X-ray emission intensities)
- A.HACHEM. Comp. Rend. Acad. Sci. (Paris) 281 Serie B (1975) 45  
(Gamma-ray emission intensities)
- F.RÖSEL, H.M.FRIESS, K.ALDER, H.C.PAULI. At. Data. Nucl. Data Tables 21 (1978) 92  
(Theoretical internal conversion coefficients)
- H.AKÇAY, G.MOUZE, D.MAILLARD, C.YTHIER. Radiochem. Radioanal. Lett. 51 (1982) 1  
(Gamma-ray emission intensities)
- D.G.OLSON. Nucl. Instrum. Methods 206 (1983) 313  
(Gamma-ray emission intensities)
- U.SCHÖTZIG, K.DEBERTIN. Int. J. Appl. Radiat. Isotop. 34,2 (1983) 533  
(Gamma-ray emission intensities, X-ray emission intensities)
- G.MOUZE, C.YTHIER, J.F.COMANDUCCI. Rev. Roumaine Phys. 35 (1990) 337  
(Gamma-ray emission intensities)
- W.J.LIN, G.HARBOTTLE. J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett. 153 (1991) 137  
(Gamma-ray emission intensities)
- A.RYTZ. At. Data. Nucl. Data Tables 47 (1991) 205  
(Alpha emission energies Alpha emission probabilities)
- O.DIALLO, G.MOUZE, C.YTHIER, J.F.COMANDUCCI. Nuovo Cim. 106A,10 (1993) 1321  
(Gamma-ray emission intensities)
- G.AUDI, A.H.WAPSTRA. Nucl. Phys. A595 (1995) 409  
(Q)
- Y.A.AKOVALI. Nucl. Data Sheets 77 (1996) 271  
(Spin and Parity)
- J.MOREL, M.ETCHEVERRY, J.L.PICOLO. Appl. Rad. Isotopes 49 (1998) 1387  
(Gamma-ray emission intensities)
- D.SARDARI, T.D.MACMAHON. J. Radioanal. Nucl. Chem. 244,2 (2000) 463  
(Gamma-ray emission intensities)
- J.U.DELGADO, J.MOREL, M.ETCHEVERRY. Appl. Rad. Isotopes 56 (2002) 137  
(Gamma-ray emission intensities, X-ray emission intensities)
- G.L.MOLNAR, ZS.RÉVAY, T.BELGYA. Proc.11th Int. Symp. On Capture gamma-ray Spectroscopy, 2-6 Sep 2002, Pruhonice, Ed. J.Kvasil, P.Cejnar, M.Krticka (2003) 522  
(Gamma-ray emission intensities)
- R.G.HELMER. IAEA - CRP Report To be published (2004)  
(186-keV gamma ray intensity)



**<sup>226</sup>Ra - Comments on evaluation of decay data  
by M.M. Bé, V. Chisté**

Ra-226 disintegrates by alpha emissions to excited levels and to the ground state of Rn-222. The alpha emission intensities were measured only once (Bastin-Scoffier) and the results were given without uncertainties in the original paper.

On the other hand, a certain number of measurements of the 186-keV gamma intensity were carried out, so this intensity can be considered to have a good level of confidence.

Therefore, the decay scheme given here was built using this 186-keV gamma-ray intensity.

### Nuclear Data

Q value is from Audi and Wapstra (1995Au04).

Spin and parity of the nuclear levels are from Akovali (1996El01).

### Half-life

Experimental values are, in years :

Reference	Half-life	Uncertainty
Ramthun (1966Ra13)	1599	7
Martin (1959Ma12)	1602	8
Gorshkov (1959Go80)	1577	9
Sebaoun (1956Se10)	1617	12
Kohman (1949Ko01)	1622	13
Weighted mean	1600	7

The five values are statistically consistent (reduced  $\chi^2$  of 2,9). The internal uncertainty is 4 and the external uncertainty is 7.

The recommended value is the weighted mean with the external uncertainty.

### Alpha Transitions

The alpha transition intensities have been deduced from the Rn-222 decay scheme balance at each level.

Below, comparison is done between the one and only measured values by Bastin-Scoffier (1963Ba62) and the calculated ones :

Alpha emission energy (keV)	Measured intensities <sup>c</sup>	Calculated intensities
4784,34 (25) <sup>a</sup>	94,45 (5)	94,03 (8)
4601 (1) <sup>a</sup>	5,55 (5)	5,96 (8)
4340 <sup>b</sup>	0,0065 (3)	0,0065 (16)
4191 <sup>b</sup>	0,0010 (1)	0,0008
4160 <sup>b</sup>	0,00027 (5)	0,0002

- <sup>a</sup> Energy data are from Rytz (1991Ry01)  
<sup>b</sup> Energy data are from Bastin-Scoffier  
<sup>c</sup> Intensities are from Bastin-Scoffier with uncertainties given by Rytz

### Gamma transitions and internal conversion coefficients

The internal conversion coefficients were interpolated from the tables of Rösel (1978Ro21), uncertainties are assumed to be 3%. Theoretical values are compared with measured values below :

	De Pinho (1973De50)	Rösel
$\alpha_K$	0,200(9)	0,190 (6)
$\alpha_{L1}$	0,031 (6)	0,0327 (10)
$\alpha_{L2}$	0,226 (16)	0,212 (6)
$\alpha_{L3}$	0,124 (8)	0,122 (4)
$\alpha_L$	0,380 (20)	0,367 (11)

The gamma transition probabilities were determined from the gamma emission intensities and the theoretical ICC data.

### Photon emissions

#### Gamma emission intensities

##### 186-keV $\gamma$ -ray

The strongest  $\gamma$ -ray, namely 186-keV, absolute emission intensity is taken from Helmer (IAEA – CRP). This study was done for the <sup>226</sup>Ra decay chain, all available relative and absolute measurements of gamma rays were taken into account, the most intense line of this chain is the 609,3 keV line which occurs in the disintegration of <sup>214</sup>Bi. Its intensity was determined as : 45,16 (33)% by Helmer (IAEA – CRP).

The 186 keV line from Ra-226 and the 609 keV line from Bi-214 intensity measurements are given below in Tables 1 and 2 :

Table 1 - Absolute gamma-ray emission intensities, results of measurements :

Energy (keV)	1969Li11	1983OI01	1983Sc13	1991Li11	1998Mo14	Weighted average	S <sub>int</sub> ; S <sub>ext</sub>	reduced- $\chi^2$
186,1 (Ra-226)		3,50 (5)	3,51 (6)	3,59 (6)		3,53	0,03	0,74
609,3 (Bi-214)	42,8 (40)	45,0 (7)	44,6 (5)	46,1 (5)	44,8 (6)	45,16	0,28 ; 0,33	1,39





Kβ1	0,079 (5)			0,109 (4)
Kβ2	0,020 (4)			0,0349 (14)
Kβ	0,099 (6)	0,145 (9)		0,144 (5)
XK	0,47 (4)	0,563 (23)	0,689 (25)	0,649 (21)
XL1			0,0180 (25)	0,0149 (5)
XL2			0,417 (28)	0,431 (14)
XL3			0,399 (14)	0,367 (11)
XL			0,837 (43)	0,813 (17)

<sup>a</sup> Calculated with  $I_{g(186)} = 3,533$  (21)

The calculated values based on the assumption that  $I_{g(186)} = 3,533$  (21) are significantly greater than those measured by Delgado or Schötzig, except for the Kβ ray.

Nevertheless, with  $I_{g(186)} = 3,28$  (3) %, based on an  $\alpha$ - transition to the 186-keV level of 5,55 (5)% and with the same calculation method, we obtain : XK = 0,603 (20) %, This value is consistent with those of Schötzig but the Delgado's value remains unexplained, It can be noted that Schötzig gave an absolute intensity of 3,51 (6)% for the 186-keV line, consistent with the recommended one.

The calculated data are in agreement, within the uncertainty values, with the experimental ones of De Pinho, who used a Ra-226 source from which the descendants were removed. Schötzig and Delgado, however, carried out measurements with sources in equilibrium with their daughters radionuclides.

## References

- 1949Ko01 T.P.Kohman, D.P.Ames, J.Sedlet. NNES 14B (1949) 1675 Half-life  
 1956Se01 W.Sebaoun. Ann. Phys. 1 (1956) 680 Half-life  
 1959Ma12 G.R.Martin, D.G.Tuck. Int. J. Appl. Radiat. Isotop. 5 (1959) 141 Half-life  
 1959Go80 G.V.Gorshkov et al. Atomnaya Energ., Atomic Energy (USSR) 7 (1959) 912 Half-life  
 1960St20 F.S.STEPHENS, F.ASARO, I.PERLMAN. Phys. Rev. 119 (1960) 796 Gamma-ray emission probabilities  
 1963Ba62 G.BASTIN-SCOFFIER, C.F LEANG, R.J WALEN. Le Journal de Physique (Paris) 24 (1963) 854 Alpha emission energies, Alpha emission probabilities  
 1966Ra13 H.RAMTHUN. Nucleonics 8 (1966) 244 Half-life  
 1969Li11 E.W.A.Lingeman, J.Konijn, P.Polak, A.H.Wapstra. Nucl. Phys. A133 (1969) 630 Gamma-ray emission intensities  
 1971Lo19 W.LOURENS, A.H.WAPSTRA. Z. Phys. 247 (1971) 147 Gamma-ray energies and emission probabilities  
 1973De50 A.G. de Pinho, M.Weksler. Z. Naturforsch. 28a (1973) 1635 X-ray emission intensities  
 1975Ha31 A.Hachem. Comp. Rend. Acad. Sci. (Paris) 281 Serie B (1975) 45 Gamma-ray emission intensities  
 1978Ro21 F.Rösel, H.M.Friess, K.Alder, H.C.Pauli. At. Data. Nucl. Data Tables 21 (1978) 92 Theoretical internal conversion coefficients  
 1982Ak03 H.Akçay, G.Mouze, D.Maillard, C.Ythier. Radiochem. Radioanal. Lett. 51 (1982) 1 Gamma-ray emission intensities  
 1983La\*\* F.Lagoutine, N.Coursol, J.Legrand, Tabel de Radionucléide, ISBN 2 7272 0078 1 (LMRI, 1982- 1987)  
 1983Ol01 D.G.Olson. Nucl. Instrum. Methods 206 (1983) 313 Gamma-ray emission intensities

- 1983Sc13 U.Schötzig, K.Debertin. *Int. J. Appl. Radiat. Isotop.* 34,2 (1983) 533 Gamma-ray emission intensities, X-ray emission intensities  
G.Mouze, C.Ythier, J.F.Comanducci. *Rev. Roumaine Phys.* 35 (1990) 337 Gamma-ray emission intensities
- 1991Li11 W.J.Lin, G.Harbottle. *J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett.* 153 (1991) 137 Gamma-ray emission intensities
- 1991Ry01 A.Rytz. *At. Data. Nucl. Data Tables* 47 (1991) 205 Alpha emission energies, Alpha emission probabilities
- 1993Di09 O.Diallo, G.Mouze, C.Ythier, J.F.Comanducci. *Nuovo Cim.* 106A,10 (1993) 1321 Gamma-ray emission intensities
- 1993Au05 G.Audi, A.H.Wapstra. *Nucl. Phys.* A595 (1995) 409 Q
- 1996El01 Y.A.Akovi. *Nucl. Data Sheets* 77 (1996) 271 Spin and Parity
- 1998Mo14 J.Morel, M.Etcheverry, J.L.Piccolo. *Appl. Rad. Isotopes* 49 (1998) 1387 Gamma-ray emission intensities
- 2000Sa32 D.Sardari, T.D.MacMahon. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 244,2 (2000) 463 Gamma-ray emission intensities
- 2002De03 J.U.Delgado, J.Morel, M.Etcheverry. *Appl. Rad. Isotopes* 56 (2002) 137 Gamma-ray emission intensities, X-ray emission intensities
- 2003Mo\* G.L.Molnar, ZS.Révay, T.Belgya. 11th Int. Symp. On Capture gamma-ray Spectroscopy, 2-6 Sep 2002, Pruhonice, Ed. J.Kvasil, P.Cejnar, M.Krticka (2003) 522 Gamma-ray emission intensities
- 2004He\* R.G.Helmer. IAEA - CRP Report To be published (2004) 186-keV gamma ray intensity



## 1 Decay Scheme

Le Pb-214 se désintègre par émission bêta moins vers des niveaux excités et le niveau fondamental de Bi-214 de 19,9 minutes de période.

*Pb-214 disintegrates to excited levels and to the fundamental level of Bi-214 (half-life = 19,9 min).*

## 2 Nuclear Data

$T_{1/2}(^{214}\text{Pb})$	:	26,8	(9)	min
$T_{1/2}(^{214}\text{Bi})$	:	19,9	(4)	min
$Q^-(^{214}\text{Pb})$	:	1024	(11)	keV

### 2.1 $\beta^-$ Transitions

	Energy keV	Probability $\times 100$	Nature	lg $ft$
$\beta_{0,7}^-$	185 (11)	2,32 (1)	Allowed	4,8
$\beta_{0,6}^-$	258 (11)	0,09 (9)		
$\beta_{0,5}^-$	490 (11)	1,09 (1)	1st Forbidden	6,3
$\beta_{0,4}^-$	672 (11)	46,2 (1)	1st Forbidden	5,1
$\beta_{0,3}^-$	729 (11)	41,2 (1)	1st Forbidden	5,2
$\beta_{0,0}^-$	1024 (11)	9,1 (1)	1st Forbidden	6,5

## 2.2 Gamma Transitions and Internal Conversion Coefficients

	Energy keV	$P_{\gamma+ce}$ $\times 100$	Multipolarity	$\alpha_K$	$\alpha_L$	$\alpha_M$	$\alpha_T$
$\gamma_{1,0}$ (Bi)	53,2275 (21)	14,85 (44)	M1(+0,09% E2)		9,81 (29)	2,32 (7)	12,88 (39)
$\gamma_{2,1}$ (Bi)	205,6 (1)	0,015					
$\gamma_{5,3}$ (Bi)	238,48 (10)	0,015					
$\gamma_{3,1}$ (Bi)	241,997 (3)	13,59 (20)	M1(+E2)	0,724 (22)	0,1250 (38)	0,0295 (9)	0,888 (27)
$\gamma_{2,0}$ (Bi)	258,87 (6)	0,92 (7)	M1	0,601 (18)	0,1037 (31)	0,0244 (7)	0,737 (22)
$\gamma_{5,2}$ (Bi)	274,7 (2)	0,57 (12)	(M1+E2)				0,4 (2)
$\gamma_{3,0}$ (Bi)	295,224 (2)	27,67 (28)	M1+ 0,09%E2	0,419 (13)	0,0721 (22)	0,0170 (5)	0,513 (15)
$\gamma_{4,1}$ (Bi)	298,7 (1)	0,02					
$\gamma_{7,5}$ (Bi)	305,4 (5)	0,023 (2)					
$\gamma_{(-1,13)}$ (Bi)	314,2 (4)	0,07 (2)					
$\gamma_{(-1,12)}$ (Bi)	324,3 (5)	0,02 (1)					
$\gamma_{4,0}$ (Bi)	351,932 (2)	46,63 (37)	M1(+E2)	0,260 (8)	0,0446 (13)	0,01049 (31)	0,319 (10)
$\gamma_{(-1,10)}$ (Bi)	462,1 (2)	0,17 (2)					
$\gamma_{6,3}$ (Bi)	469,90 (2)	0,010 (4)					
$\gamma_{5,1}$ (Bi)	480,46 (8)	0,335 (5)					
$\gamma_{7,4}$ (Bi)	487,13 (6)	0,430 (3)	(E1)				
$\gamma_{5,0}$ (Bi)	533,7 (4)	0,19 (1)					
$\gamma_{(-1,5)}$ (Bi)	538,7 (4)	0,005 (5)					
$\gamma_{7,3}$ (Bi)	543,9 (4)	0,023 (7)					
$\gamma_{7,2}$ (Bi)	580,26 (7)	0,368 (4)	(E1)				
$\gamma_{6,0}$ (Bi)	766,0 (2)	0,08 (2)					
$\gamma_{7,1}$ (Bi)	785,91 (3)	0,89 (8)	E1				
$\gamma_{7,0}$ (Bi)	839,04 (9)	0,59 (2)	(E1)	0,00302 (9)	0,000470 (14)	0,0001092 (33)	0,00363 (11)

## 3 Atomic Data

### 3.1 Bi

$\omega_K$	:	0,964	(4)
$\bar{\omega}_L$	:	0,391	(16)
$\bar{\omega}_M$	:	0,031	(3)
$n_{KL}$	:	0,809	(5)
$\bar{n}_{LM}$	:	1,28	

#### 3.1.1 X Radiations

	Energy keV	Relative probability	
X <sub>K</sub>	K $\alpha_2$	74,8157	
	K $\alpha_1$	77,1088	
	K $\beta_3$	86,835	}
	K $\beta_1$	87,344	
	K $\beta_5''$	87,862	}
	K $\beta_2$	89,732	}
	K $\beta_4$	90,074	
	KO <sub>2,3</sub>	90,421	10,48

		Energy keV	Relative probability
$X_L$	$L\ell$	9,42	
	$L\alpha$	10,45 – 10,55	
	$L\eta$	11,35	
	$L\beta$	12,13 – 13,38	
	$L\gamma$	14,31 – 16,36	

### 3.1.2 Auger Electrons

		Energy keV	Relative probability
Auger K			
	KLL	57,49 – 63,42	100
	KLX	70,02 – 77,10	56,2
	KXY	82,45 – 90,52	9,2
Auger L			
		5,3 – 16,4	

## 4 Electron Emissions

		Energy keV	Electrons per 100 disint.
$e_{AL}$	(Bi)	5,3 - 16,4	19,9 (3)
$e_{AK}$	(Bi)		0,81 (9)
	KLL	57,49 - 63,42	}
	KLX	70,02 - 77,10	}
	KXY	82,45 - 90,52	}
$ec_{1,0} L$	(Bi)	36,84 - 39,81	10,50 (33)
$ec_{1,0} M$	(Bi)	49,23 - 50,65	2,48 (8)
$ec_{1,0} N$	(Bi)	52,29 - 53,07	0,647 (20)
$ec_{1,0} O$	(Bi)	53,07 - 53,20	0,1424 (45)
$ec_{3,1} K$	(Bi)	151,470 (3)	5,21 (16)
$ec_{2,0} K$	(Bi)	168,34 (6)	0,319 (26)
$ec_{3,0} K$	(Bi)	204,698 (2)	7,66 (24)
$ec_{3,1} L$	(Bi)	225,61 - 228,58	0,900 (27)

		Energy keV	Electrons per 100 disint.
ec <sub>3,1</sub> M	(Bi)	237,99 - 239,42	0,212 (6)
ec <sub>3,1</sub> N	(Bi)	241,06 - 241,84	0,0554 (17)
ec <sub>3,1</sub> O	(Bi)	241,84 - 241,97	0,0122 (4)
ec <sub>2,0</sub> L	(Bi)	242,48 - 245,45	0,0550 (45)
ec <sub>2,0</sub> M	(Bi)	254,87 - 256,29	0,0129 (10)
ec <sub>2,0</sub> N	(Bi)	257,93 - 258,71	0,00339 (27)
ec <sub>2,0</sub> O	(Bi)	258,71 - 258,84	0,00075 (6)
ec <sub>4,0</sub> K	(Bi)	261,410 (2)	9,19 (28)
ec <sub>3,0</sub> L	(Bi)	278,84 - 281,81	1,319 (40)
ec <sub>3,0</sub> M	(Bi)	291,22 - 292,64	0,311 (9)
ec <sub>3,0</sub> N	(Bi)	294,29 - 295,07	0,0810 (24)
ec <sub>3,0</sub> O	(Bi)	295,07 - 295,20	0,0179 (5)
ec <sub>4,0</sub> L	(Bi)	335,55 - 338,51	1,577 (46)
ec <sub>4,0</sub> M	(Bi)	347,93 - 349,35	0,371 (11)
ec <sub>4,0</sub> N	(Bi)	350,99 - 351,77	0,0969 (28)
ec <sub>4,0</sub> O	(Bi)	351,77 - 351,91	0,0214 (6)
$\beta_{0,7}^-$	max:	185 (11)	2,32 (1)
$\beta_{0,7}^-$	avg:	50 (4)	
$\beta_{0,6}^-$	max:	258 (11)	0,09 (9)
$\beta_{0,6}^-$	avg:	114 (4)	
$\beta_{0,5}^-$	max:	490 (11)	1,09 (1)
$\beta_{0,5}^-$	avg:	146 (4)	
$\beta_{0,4}^-$	max:	672 (11)	46,2 (1)
$\beta_{0,4}^-$	avg:	208 (4)	
$\beta_{0,3}^-$	max:	729 (11)	41,2 (1)
$\beta_{0,3}^-$	avg:	228 (4)	
$\beta_{0,0}^-$	max:	1024 (11)	9,1 (1)
$\beta_{0,0}^-$	avg:	336 (4)	

## 5 Photon Emissions

### 5.1 X-Ray Emissions

		Energy keV	Photons per 100 disint.	
XL	(Bi)	9,42 — 16,36	12,50 (22)	
XK $\alpha_2$	(Bi)	74,8157	6,31 (13)	} K $\alpha$
XK $\alpha_1$	(Bi)	77,1088	10,55 (20)	}

		Energy keV	Photons per 100 disint.		
XK $\beta_3$	(Bi)	86,835	}		
XK $\beta_1$	(Bi)	87,344	}	3,61 (9)	K $\beta'_1$
XK $\beta_5''$	(Bi)	87,862	}		
XK $\beta_2$	(Bi)	89,732	}		
XK $\beta_4$	(Bi)	90,074	}	1,11 (4)	K $\beta'_2$
XKO $_{2,3}$	(Bi)	90,421	}		

## 5.2 Gamma Emissions

	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{1,0}$ (Bi)	53,2275 (21)	1,07 (1)
$\gamma_{2,1}$ (Bi)	205,6 (1)	0,015
$\gamma_{5,3}$ (Bi)	238,48 (10)	0,015
$\gamma_{3,1}$ (Bi)	241,997 (3)	7,197 (18)
$\gamma_{2,0}$ (Bi)	258,87 (6)	0,53 (4)
$\gamma_{5,2}$ (Bi)	274,7 (2)	0,41 (6)
$\gamma_{3,0}$ (Bi)	295,224 (2)	18,29 (4)
$\gamma_{4,1}$ (Bi)	298,7 (1)	0,02
$\gamma_{7,5}$ (Bi)	305,4 (5)	0,023 (2)
$\gamma_{(-1,13)}$ (Bi)	314,2 (4)	0,07 (2)
$\gamma_{(-1,12)}$ (Bi)	324,3 (5)	0,02 (1)
$\gamma_{4,0}$ (Bi)	351,932 (2)	35,35 (7)
$\gamma_{(-1,10)}$ (Bi)	462,1 (2)	0,17 (2)
$\gamma_{6,3}$ (Bi)	469,9 (2)	0,010 (4)
$\gamma_{5,1}$ (Bi)	480,46 (8)	0,335 (5)
$\gamma_{7,4}$ (Bi)	487,13 (6)	0,430 (3)
$\gamma_{5,0}$ (Bi)	533,7 (4)	0,19 (1)
$\gamma_{(-1,5)}$ (Bi)	538,7 (4)	0,005 (5)
$\gamma_{7,3}$ (Bi)	543,9 (4)	0,023 (7)
$\gamma_{7,2}$ (Bi)	580,26 (7)	0,368 (4)
$\gamma_{6,0}$ (Bi)	766,0 (2)	0,08 (2)
$\gamma_{7,1}$ (Bi)	785,91 (3)	0,89 (8)
$\gamma_{7,0}$ (Bi)	839,04 (9)	0,59 (2)

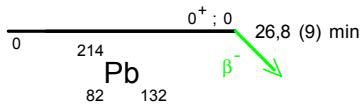
## 6 Main Production Modes

{ Ra – 226 daughter  
 { Possible impurities : Pb – 210

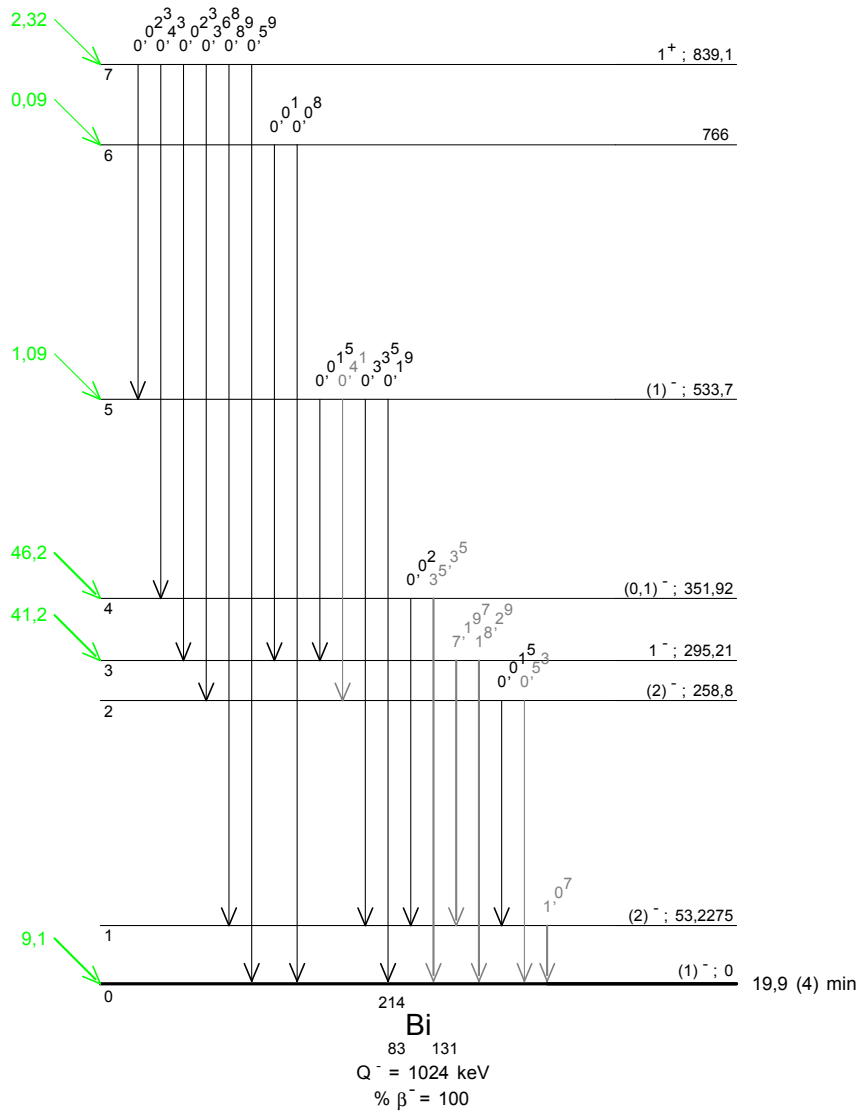
## 7 References

- M.CURIE, A.DEBIERNE, A.S EVE, H.GEIGER, O.HAHN, S.C LIND, S.MEYER, E.RUTHERFORD, E.SCHWEIDLER. Rev. Mod. Phys. 3 (1931) 427  
(Half-life)
- H.DANIEL, R.NIERHAUS. Z. Naturforsch 11a (1956) 212  
(Half-life)
- H.DANIEL. Z. Naturforsch 11a (1956) 759  
(Beta emission probabilities)
- K.O.NIELSEN, O.B NIELSEN, M.A WAGGONER. Nucl. Phys. 2 (1957) 476  
(K ICC, T ICC)
- R.C.HAWKINGS. AECL-rep. PR-CM a4 (1968) 39  
(Gamma-ray energies)
- E.W.A.LINGEMAN, J.KONIJN, P.POLAK, A.H WAPSTRA. Nucl. Phys. A133 (1969) 630  
(Gamma-ray energies, Gamma-ray emission probabilities)
- G.WALLACE, G.E COOTE,. Nucl. Instrum. Methods 74 (1969) 353  
(Gamma-ray emission probabilities)
- R.S.MOWATT. Can. J. Phys. 48 (1970) 2606  
(Gamma-ray emission probabilities)
- K.YA.GROMON, B.M SABIROV, J.J URBANETS. Bull. Ac. Sci. USSR. Phys. Ser. 33 (1970) 1510  
(Gamma-ray emission probabilities)
- J.K.DICKENS. ORNL-TM-3509 (1971) 11  
(Gamma-ray emission probabilities Gamma-ray energies)
- J.E.CLINE, R.J GEHRKE, L.D Mc ISAAC. ANCR-1069, suppl. IN-1148 (1972) 8  
(Gamma-ray energies)
- A.HACHEM. Compt. Rend. Ac. Sci. (Paris) 281B (1975) 45  
(Gamma-ray emission probabilities)
- V.ZOBEL, J.EBERTH, U.EBERTH, E.EUBE. Nucl. Instrum. Methods 141 (1977) 329  
(Gamma-ray energies, Gamma-ray emission probabilities)
- H.AKCAY, G.MOUZE, D.MAILLARD, C.YTHIER. Private Communication (1981)  
(Gamma-ray emission probabilities)
- U.SCHÖTZIG, K.DEBERTIN. Int. J. Appl. Radiat. Isotop. 34,2 (1983) 533  
(Gamma-ray emission intensities, X-ray emission intensities)
- W.J.LIN, G.HARBOTTLE. J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett. 153 (1991) 137  
(Gamma-ray emission intensities)
- G.AUDI, A.H.WAPSTRA. Nucl. Phys. A595 (1995) 409  
(Q)
- J.MOREL, M.ETCHEVERRY, J.L.PICOLO. Appl. Rad. Isotopes 49 (1998) 1387  
(Gamma-ray emission intensities)
- J.U.DELGADO, J.MOREL, M.ETCHEVERRY. Appl. Rad. Isotopes 56 (2002) 137  
(Gamma-ray emission intensities, X-ray emission intensities)
- R.G.HELMER. IAEA - CRP To be published (2003)  
(Gamma-ray emission intensities)
- G.L.MOLNAR, ZS.RÉVAY, T.BELGYA. 11th Int. Symp. On Capture gamma-ray Spectroscopy, 2-6 Sep 2002, Pruhonice To be published (2003)  
(Gamma-ray emission intensities)





γ Emission probabilities per 100 disintegrations





## 1 Decay Scheme

Le Bi-214 se désintègre par émission bêta moins vers des niveaux excités et le niveau fondamental de Po-214. Le pourcentage de désintégrations alpha conduisant à la formation de Tl-210 est de 0,021 (1) %. Des émissions alpha de long parcours provenant des niveaux excités de Po-214 d'intensité de l'ordre de 3,1E-3 % ont été mises en évidence.

*Bi-214 mainly disintegrates by beta minus emissions to Po-214. The percentage of alpha disintegrations to Tl-210 is: 0,021 (1) %.*

*Some long range alpha emissions from the excited levels of Po-214 were pointed out with an intensity of 3,1 E-3 %.*

## 2 Nuclear Data

$T_{1/2}({}^{214}\text{Bi})$	:	19,9	(4)	min
$T_{1/2}({}^{214}\text{Po})$	:	164,3	(20)	$10^{-6}$ s
$T_{1/2}({}^{210}\text{Tl})$	:	1,30	(3)	min
$T_{1/2}({}^{210}\text{Pb})$	:	22,3	(2)	a
$Q^{-}({}^{214}\text{Bi})$	:	3272	(11)	keV
$Q^{\alpha}({}^{214}\text{Bi})$	:	5621	(3)	keV

### 2.1 $\beta^{-}$ Transitions

	Energy keV	Probability × 100	Nature	lg <i>ft</i>
$\beta_{0,47}^{-}$	88 (11)	0,0015 (2)	1st Forbidden	6,6
$\beta_{0,46}^{-}$	129 (11)	0,0014 (4)	1st Forbidden	7,1
$\beta_{0,45}^{-}$	190 (11)	0,0043 (10)	1st Forbidden	7,2
$\beta_{0,44}^{-}$	218 (11)	0,021 (2)	1st Forbidden	6,7
$\beta_{0,43}^{-}$	272 (11)	0,010 (1)	1st Forbidden	7,4
$\beta_{0,42}^{-}$	293 (11)	0,014 (2)	1st Forbidden	7,3
$\beta_{0,41}^{-}$	332 (11)	0,023 (3)	1st Forbidden	7,2
$\beta_{0,40}^{-}$	350 (11)	0,026 (2)	1st Forbidden	7,5

	Energy keV	Probability × 100	Nature	lg <i>ft</i>
$\beta_{0,39}^-$	378 (11)	0,006 (1)	1st Forbidden	8
$\beta_{0,38}^-$	392 (11)	0,009 (1)	1st Forbidden	7,9
$\beta_{0,37}^-$	445 (11)	0,003 (1)	1st Forbidden	8,6
$\beta_{0,36}^-$	486 (11)	0,0055 (5)	1st Forbidden	8,4
$\beta_{0,35}^-$	502 (11)	0,072 (4)	1st Forbidden	7,8
$\beta_{0,34}^-$	543 (11)	0,455 (21)	1st Forbidden	6,7
$\beta_{0,33}^-$	553 (11)	0,242 (18)	1st Forbidden	7
$\beta_{0,32}^-$	573 (11)	0,071 (10)	1st Forbidden	7,6
$\beta_{0,31}^-$	577 (11)	0,20 (1)	1st Forbidden	7,3
$\beta_{0,30}^-$	610 (11)	0,099 (1)	1st Forbidden	7,6
$\beta_{0,29}^-$	641 (11)	0,021 (5)	1st Forbidden	8,2
$\beta_{0,28}^-$	727 (11)	0,051 (23)	1st Forbidden	8
$\beta_{0,27}^-$	764 (11)	0,108 (30)	Allowed	7,8
$\beta_{0,26}^-$	766 (11)	0,208 (20)	1st Forbidden	7,5
$\beta_{0,25}^-$	790 (11)	1,19 (3)	1st Forbidden	6,9
$\beta_{0,24}^-$	824 (11)	2,68 (12)	1st Forbidden	6,5
$\beta_{0,23}^-$	849 (11)	0,023 (5)	1st Forbidden	8,7
$\beta_{0,22}^-$	979 (11)	0,56 (3)	1st Forbidden	7,4
$\beta_{0,21}^-$	1005 (11)	0,17 (3)	1st Forbidden	8,1
$\beta_{0,20}^-$	1063 (11)	0,37 (4)	1st Forbidden	7,8
$\beta_{0,19}^-$	1069 (11)	5,54 (14)	1st Forbidden	6,6
$\beta_{0,18}^-$	1079 (11)	0,85 (5)	1st Forbidden	7,4
$\beta_{0,17}^-$	1124 (11)	0,47 (6)	1st Forbidden	7
$\beta_{0,16}^-$	1153 (11)	4,35 (13)	1st Forbidden	6,8
$\beta_{0,15}^-$	1183 (11)	0,12 (1)	1st Forbidden	8,3
$\beta_{0,14}^-$	1255 (11)	2,39 (13)	1st Forbidden	7,2
$\beta_{0,13}^-$	1261 (11)	1,44 (4)	1st Forbidden	7,4
$\beta_{0,12}^-$	1277 (11)	1,26 (10)	1st Forbidden	7,5
$\beta_{0,11}^-$	1382 (11)	1,55 (7)	1st Forbidden	7,5
$\beta_{0,10}^-$	1425 (11)	8,07 (20)	1st Forbidden	6,9
$\beta_{0,9}^-$	1507 (11)	16,8 (5)	1st Forbidden	6,6
$\beta_{0,8}^-$	1529 (11)	0,24 (2)	1st Forbidden	8,5
$\beta_{0,7}^-$	1542 (11)	17,3 (4)	1st Forbidden	6,6
$\beta_{0,6}^-$	1611 (11)	0,80 (12)	1st Forbidden	8
$\beta_{0,5}^-$	1729 (11)	3,18 (7)	1st Forbidden	7,6
$\beta_{0,4}^-$	1856 (11)	0,97 (7)	1st Forbidden	8,2
$\beta_{0,3}^-$	1895 (11)	7,45 (30)	1st Forbidden	7,4
$\beta_{0,2}^-$	1997 (11)	0,20 (6)	1st Forbidden	9
$\beta_{0,1}^-$	2663 (11)	0,8 (4)	1st Forbidden	8,8
$\beta_{0,0}^-$	3272 (11)	19,6 (12)	1st Forbidden	7,9

## 2.2 Gamma Transitions and Internal Conversion Coefficients

	Energy keV	$P_{\gamma+ce}$ $\times 100$	Multipolarity	$\alpha_K$	$\alpha_L$	$\alpha_T$
$\gamma_{1,0}(Tl)$	62,5 (31)	0,0116 (7)				
$\gamma_{2,1}(Tl)$	191,1 (31)	0,00125 (7)				
$\gamma_{(-1,4)}(Po)$	273,7 (3)	0,18 (3)				
$\gamma_{13,7}(Po)$	280,92 (10)	0,08 (2)				
$\gamma_{(-1,3)}(Po)$	304,35 (15)	0,08 (2)				
$\gamma_{12,6}(Po)$	333,7 (3)	0,06 (2)				
$\gamma_{(-1,5)}(Po)$	334,9 (2)	0,030 (15)				
$\gamma_{9,3}(Po)$	386,82 (5)	0,294 (2)	M1+E2			
$\gamma_{16,7}(Po)$	388,95 (50)	0,505 (6)	(M1)	0,216 (6)	0,0373 (11)	0,265 (8)
$\gamma_{25,15}(Po)$	394,0 (2)	0,008 (3)				
$\gamma_{30,21}(Po)$	396,03 (9)	0,031 (6)				
$\gamma_{(-1,6)}(Po)$	405,75 (3)	0,16 (1)				
$\gamma_{(-1,7)}(Po)$	439,8 (4)	0,03 (1)				
$\gamma_{7,2}(Po)$	454,99 (12)	0,287 (2)	[E1]			
$\gamma_{10,3}(Po)$	469,73 (10)	0,13 (1)				
$\gamma_{19,7}(Po)$	474,4 (1)	0,112 (16)				
$\gamma_{(-1,15)}(Po)$	494,35 (20)	0,008				
$\gamma_{21,9}(Po)$	502,02 (30)	0,016 (3)				
$\gamma_{(-1,8)}(Po)$	520,1 (2)	0,005 (2)				
$\gamma_{34,19}(Po)$	524,7 (2)	0,014 (5)				
$\gamma_{21,7}(Po)$	537,01 (12)	0,053 (9)				
$\gamma_{19,6}(Po)$	543,31 (8)	0,086 (9)				
$\gamma_{20,6}(Po)$	547,08 (20)	0,029 (6)				
$\gamma_{10,2}(Po)$	572,79 (12)	0,073 (11)				
$\gamma_{(-1,9)}(Po)$	595,4 (3)	0,01				
$\gamma_{1,0}(Po)$	609,316 (3)	46,13 (31)	E2	0,01502 (45)	0,00423 (13)	0,0206 (6)
$\gamma_{(-1,10)}(Po)$	615,74 (4)	0,08 (2)				
$\gamma_{12,3}(Po)$	617,05 (20)	0,035 (12)				
$\gamma_{(-1,11)}(Po)$	626,75 (30)	0,005				
$\gamma_{(-1,12)}(Po)$	630,98 (15)	0,017 (6)				
$\gamma_{13,3}(Po)$	633,20 (8)	0,06 (1)				
$\gamma_{(-1,13)}(Po)$	639,57 (11)	0,031 (5)				
$\gamma_{18,5}(Po)$	649,19 (70)	0,056 (4)				
$\gamma_{19,5}(Po)$	660,9 (3)	0,043 (17)				
$\gamma_{2,1}(Po)$	665,454 (22)	1,529 (6)	E1	0,00484 (15)	0,000776 (23)	0,00586 (18)
$\gamma_{31,13}(Po)$	683,13 (10)	0,076 (9)				
$\gamma_{(-1,14)}(Po)$	687,6 (3)	0,006 (3)				
$\gamma_{23,7}(Po)$	693,3 (5)	0,006 (3)				
$\gamma_{(-1,16)}(Po)$	697,80 (9)	0,05 (2)				
$\gamma_{16,4}(Po)$	703,11 (4)	0,538 (32)	[M1]	0,0453 (14)	0,00767 (23)	0,0553 (17)
$\gamma_{15,3}(Po)$	710,7 (2)	0,068 (2)				
$\gamma_{12,2}(Po)$	719,86 (2)	0,416 (10)	E2	0,01086 (33)	0,00268 (8)	0,01441 (43)
$\gamma_{21,5}(Po)$	723,06 (16)	0,041 (20)				
$\gamma_{(-1,17)}(Po)$	727,5 (6)	0,033 (8)				
$\gamma_{34,12}(Po)$	733,76 (8)	0,040 (5)				
$\gamma_{16,3}(Po)$	741,0 (5)	0,039				
$\gamma_{25,7}(Po)$	752,84 (3)	0,132 (9)				
$\gamma_{3,1}(Po)$	768,365 (6)	4,929 (13)	M1+88,7%E2	0,01250 (37)	0,00268 (8)	0,01604 (48)
$\gamma_{24,6}(Po)$	786,4 (4)	0,23 (8)	[E1]			
$\gamma_{(-1,18)}(Po)$	799,76 (15)	0,037 (7)				
$\gamma_{4,1}(Po)$	806,185 (11)	1,266 (8)	E2	0,00876 (26)	0,00200 (6)	0,01142 (34)
$\gamma_{18,3}(Po)$	815,13 (14)	0,045 (10)				
$\gamma_{25,6}(Po)$	821,180 (3)	0,155 (5)	M1			
$\gamma_{19,3}(Po)$	826,13 (3)	0,12 (2)	(M1)			0,036 (1)
$\gamma_{(-1,19)}(Po)$	832,35 (14)	0,025 (5)				
$\gamma_{(-1,20)}(Po)$	847,1 (2)	0,016 (6)				
$\gamma_{24,5}(Po)$	904,28 (14)	0,10 (3)				

	Energy keV	P <sub>γ+ce</sub> × 100	Multipolarity	α <sub>K</sub>	α <sub>L</sub>	α <sub>T</sub>
γ <sub>22,3</sub> (Po)	915,7 (2)	0,021 (5)				
γ <sub>5,1</sub> (Po)	934,061 (12)	3,147 (11)	M1+8%E2	0,0205 (6)	0,00348 (10)	0,0251 (8)
γ <sub>(-1,21)</sub> (Po)	943,3 (2)	0,017 (5)				
γ <sub>34,9</sub> (Po)	964,08 (3)	0,373 (14)				
γ <sub>33,8</sub> (Po)	976,18 (10)	0,023 (12)				
γ <sub>(-1,22)</sub> (Po)	989,08 (31)	0,011 (5)				
γ <sub>(-1,23)</sub> (Po)	1013,4 (10)	0,009 (6)				
γ <sub>(-1,24)</sub> (Po)	1020,5 (6)	0,010 (6)				
γ <sub>24,4</sub> (Po)	1032,37 (8)	0,099 (20)				
γ <sub>32,6</sub> (Po)	1038,0 (6)	0,016 (7)				
γ <sub>(-1,25)</sub> (Po)	1045,4 (6)	0,028 (5)				
γ <sub>6,1</sub> (Po)	1051,96 (3)	0,321 (16)	[M1,E2]			
γ <sub>34,6</sub> (Po)	1066,9 (8)	0,028 (10)				
γ <sub>24,3</sub> (Po)	1069,96 (7)	0,288 (21)	[E1]			
γ <sub>(-1,26)</sub> (Po)	1103,7 (3)	0,09 (5)				
γ <sub>25,3</sub> (Po)	1104,17 (4)	0,19 (1)				
γ <sub>7,1</sub> (Po)	1120,288 (10)	15,03 (4)	M1+3%E2	0,01338 (40)	0,00224 (7)	0,01629 (49)
γ <sub>27,3</sub> (Po)	1130,8 (4)	0,045 (10)				
γ <sub>8,1</sub> (Po)	1133,66 (3)	0,260 (18)				
γ <sub>9,1</sub> (Po)	1155,19 (2)	1,647 (7)	M1+10%E2	0,01181 (35)	0,00199 (6)	0,01438 (43)
γ <sub>24,2</sub> (Po)	1173,03 (9)	0,05 (2)				
γ <sub>25,2</sub> (Po)	1207,68 (3)	0,480 (27)	[E1]	0,001642 (49)	0,000252 (8)	0,00197 (6)
γ <sub>35,5</sub> (Po)	1226,8 (6)	0,03 (1)				
γ <sub>26,2</sub> (Po)	1230,5 (10)	0,022				
γ <sub>10,1</sub> (Po)	1238,114 (12)	5,865 (13)	M1+0,1%E2	0,01057 (32)	0,00176 (5)	0,01285 (39)
γ <sub>11,1</sub> (Po)	1280,96 (2)	1,443 (6)	M1	0,00970 (29)	0,001615 (48)	0,01179 (35)
γ <sub>33,4</sub> (Po)	1303,74 (6)	0,11 (1)				
γ <sub>31,3</sub> (Po)	1316,8 (1)	0,08 (1)				
γ <sub>(-1,27)</sub> (Po)	1330,0 (6)	0,010 (5)				
γ <sub>33,3</sub> (Po)	1341,5 (3)	0,021 (10)				
γ <sub>(-1,28)</sub> (Po)	1350,6 (3)	0,004 (2)				
γ <sub>3,0</sub> (Po)	1377,672 (11)	3,974 (15)	E2	0,00329 (10)	0,000592 (18)	0,00406 (12)
γ <sub>12,1</sub> (Po)	1385,32 (3)	0,787 (7)	[E1]			
γ <sub>35,3</sub> (Po)	1392,5 (4)	0,018 (8)				
γ <sub>13,1</sub> (Po)	1401,51 (4)	1,322 (9)	(M1+E2)			
γ <sub>14,1</sub> (Po)	1408,009 (8)	2,378 (7)	(E2)	0,00316 (9)	0,000566 (17)	0,00390 (12)
γ <sub>4,0</sub> (Po)	1415,7 (6)	0,45 (2)	E0			
γ <sub>31,2</sub> (Po)	1419,7 (6)	0,004 (1)				
γ <sub>(-1,29)</sub> (Po)	1471,1 (6)	0,0012				
γ <sub>15,1</sub> (Po)	1479,27 (11)	0,06 (1)				
γ <sub>16,1</sub> (Po)	1509,333 (7)	2,117 (13)	M1+0,3%E2	0,00638 (19)		0,00638 (19)
γ <sub>17,1</sub> (Po)	1538,50 (6)	0,452 (27)				
γ <sub>5,0</sub> (Po)	1543,34 (6)	0,307 (13)				
γ <sub>18,1</sub> (Po)	1583,23 (4)	0,708 (7)	M1+4%E2	0,00553 (17)		0,00553 (17)
γ <sub>19,1</sub> (Po)	1594,74 (7)	0,305 (23)	[M1]	0,00555 (17)		0,00555 (17)
γ <sub>20,1</sub> (Po)	1599,32 (6)	0,343 (27)				
γ <sub>(-1,30)</sub> (Po)	1636,6 (4)	0,018 (8)				
γ <sub>21,1</sub> (Po)	1657,4 (6)	0,073 (32)				
γ <sub>6,0</sub> (Po)	1661,325 (14)	1,08 (4)	E2	0,00235 (7)		0,00235 (7)
γ <sub>22,1</sub> (Po)	1684,031 (18)	0,23 (1)				
γ <sub>7,0</sub> (Po)	1729,64 (1)	2,828 (19)	E2	0,00219 (7)		0,00219 (7)
γ <sub>9,0</sub> (Po)	1764,54 (1)	15,255 (40)	M1	0,00429 (13)		0,00429 (13)
γ <sub>(-1,31)</sub> (Po)	1782,1 (10)	0,015 (5)				
γ <sub>23,1</sub> (Po)	1813,7 (4)	0,011 (4)				
γ <sub>24,1</sub> (Po)	1838,39 (10)	0,37 (5)				
γ <sub>10,0</sub> (Po)	1847,435 (22)	2,002 (11)				
γ <sub>25,1</sub> (Po)	1873,17 (6)	0,22 (1)				
γ <sub>11,0</sub> (Po)	1890,36 (12)	0,11 (2)				
γ <sub>26,1</sub> (Po)	1896,4 (2)	0,18 (2)				

	Energy keV	$P_{\gamma+ce}$ $\times 100$	Multipolarity	$\alpha_K$	$\alpha_L$	$\alpha_T$
$\gamma_{27,1}(\text{Po})$	1898,7 (4)	0,063 (23)				
$\gamma_{28,1}(\text{Po})$	1936,0 (4)	0,051 (23)				
$\gamma_{(-1,32)}(\text{Po})$	1994,7 (15)	0,005 (3)				
$\gamma_{(-1,33)}(\text{Po})$	2004,5 (10)	0,003				
$\gamma_{13,0}(\text{Po})$	2010,78 (14)	0,049 (9)				
$\gamma_{14,0}(\text{Po})$	2016,7 (3)	0,016 (3)	E0			
$\gamma_{29,1}(\text{Po})$	2021,7 (3)	0,02 (1)				
$\gamma_{30,1}(\text{Po})$	2052,99 (12)	0,068 (10)				
$\gamma_{31,1}(\text{Po})$	2085,0 (5)	0,010 (3)				
$\gamma_{32,1}(\text{Po})$	2089,58 (13)	0,05 (1)				
$\gamma_{33,1}(\text{Po})$	2109,99 (10)	0,086 (6)				
$\gamma_{16,0}(\text{Po})$	2118,562 (8)	1,150 (10)	M1	0,00270 (3)		
$\gamma_{17,0}(\text{Po})$	2147,7 (3)	0,016 (4)				
$\gamma_{(-1,34)}(\text{Po})$	2176,8 (6)	0,004				
$\gamma_{18,0}(\text{Po})$	2192,6 (2)	0,042 (10)				
$\gamma_{19,0}(\text{Po})$	2204,117 (13)	4,899 (36)	M1	0,00240 (3)		
$\gamma_{(-1,35)}(\text{Po})$	2251,2 (4)	0,006 (3)				
$\gamma_{(-1,36)}(\text{Po})$	2259,8 (4)	0,006 (2)				
$\gamma_{21,0}(\text{Po})$	2266,6 (3)	0,017 (2)				
$\gamma_{(-1,37)}(\text{Po})$	2270,7 (4)	0,003				
$\gamma_{(-1,38)}(\text{Po})$	2284,4 (7)	0,005 (1)				
$\gamma_{22,0}(\text{Po})$	2293,36 (3)	0,305 (4)				
$\gamma_{40,1}(\text{Po})$	2312,2 (4)	0,012 (3)				
$\gamma_{(-1,39)}(\text{Po})$	2324,8 (10)	0,002 (1)				
$\gamma_{41,1}(\text{Po})$	2331,3 (2)	0,021 (3)				
$\gamma_{(-1,40)}(\text{Po})$	2360,9 (6)	0,002 (1)				
$\gamma_{(-1,41)}(\text{Po})$	2369,3 (6)	0,003				
$\gamma_{(-1,42)}(\text{Po})$	2377,0 (2)	0,009 (3)				
$\gamma_{(-1,43)}(\text{Po})$	2390,9 (6)	0,002 (1)				
$\gamma_{23,0}(\text{Po})$	2423,6 (1)	0,006 (2)				
$\gamma_{24,0}(\text{Po})$	2447,724 (30)	1,539 (13)	E1			
$\gamma_{25,0}(\text{Po})$	2482,8 (4)	0,002 (1)	M1			
$\gamma_{26,0}(\text{Po})$	2505,6 (2)	0,006 (1)				
$\gamma_{(-1,44)}(\text{Po})$	2551 (1)	0,0004				
$\gamma_{(-1,45)}(\text{Po})$	2604,5 (10)	0,0004 (1)				
$\gamma_{29,0}(\text{Po})$	2630,9 (5)	0,0008 (5)				
$\gamma_{30,0}(\text{Po})$	2662 (1)	0,0003 (1)				
$\gamma_{31,0}(\text{Po})$	2694,6 (2)	0,031 (3)				
$\gamma_{32,0}(\text{Po})$	2699,4 (2)	0,005 (2)				
$\gamma_{33,0}(\text{Po})$	2719,4 (3)	0,0015 (5)				
$\gamma_{35,0}(\text{Po})$	2770,0 (2)	0,024 (4)				
$\gamma_{36,0}(\text{Po})$	2786,1 (2)	0,0055 (5)				
$\gamma_{37,0}(\text{Po})$	2827,0 (3)	0,003 (1)				
$\gamma_{(-1,46)}(\text{Po})$	2860,9 (8)	0,0003 (2)				
$\gamma_{38,0}(\text{Po})$	2880,4 (3)	0,009 (1)				
$\gamma_{39,0}(\text{Po})$	2893,5 (2)	0,0058 (2)				
$\gamma_{40,0}(\text{Po})$	2922,0 (2)	0,014 (2)				
$\gamma_{(-1,47)}(\text{Po})$	2928,7 (8)	0,0012 (6)				
$\gamma_{(-1,48)}(\text{Po})$	2934,9 (8)	0,0006 (3)				
$\gamma_{41,0}(\text{Po})$	2940 (1)	0,0015 (5)				
$\gamma_{42,0}(\text{Po})$	2978,9 (2)	0,014 (3)				
$\gamma_{(-1,49)}(\text{Po})$	2988,7 (10)	0,0010 (3)				
$\gamma_{43,0}(\text{Po})$	3000,0 (2)	0,010 (1)				
$\gamma_{44,0}(\text{Po})$	3053,8 (2)	0,021 (2)				
$\gamma_{45,0}(\text{Po})$	3081,7 (2)	0,0043 (10)				
$\gamma_{(-1,50)}(\text{Po})$	3093,9 (8)	0,0005 (2)				
$\gamma_{(-1,51)}(\text{Po})$	3136,3 (10)	0,0003 (1)				
$\gamma_{46,0}(\text{Po})$	3142,6 (4)	0,0014 (4)				
$\gamma_{(-1,52)}(\text{Po})$	3160,5 (7)	0,0005 (2)				

	Energy keV	$P_{\gamma+ce}$ $\times 100$	Multipolarity	$\alpha_K$	$\alpha_L$	$\alpha_T$
$\gamma_{47,0}(\text{Po})$	3183,6 (4)	0,0015 (2)				
$\gamma_{(-1,53)}(\text{Po})$	3233,3	0,0002				
$\gamma_{(-1,54)}(\text{Po})$	3269,7	0,0001				

### 2.3 $\alpha$ Transitions

	Energy keV	Probability $\times 100$	F
$\alpha_{0,5}$	5039 (3)	0,000052 (3)	45
$\alpha_{0,4}$	5123 (3)	0,000045 (3)	160
$\alpha_{0,3}$	5287 (3)	0,00013 (1)	450
$\alpha_{0,2}$	5372 (3)	0,00125 (7)	130
$\alpha_{0,1}$	5556 (3)	0,0116 (7)	130
$\alpha_{0,0}$	5621 (3)	0,0082 (5)	370
* $\alpha_{1,0}$	8442 (6)	0,00012	
* $\alpha_{6,1}$	8694 (6)	0,00006	
* $\alpha_{2,0}$	9108 (6)	0,00002	
* $\alpha_{4,0}$	9249 (6)	0,0022	
* $\alpha_{6,0}$	9494 (6)	0,00005	
* $\alpha_{7,0}$	9563 (8)	0,00002	
* $\alpha_{10,0}$	9680 (6)	0,0001	
* $\alpha_{14,0}$	9850 (8)	0,00004	
* $\alpha_{17,0}$	9981 (6)	0,00012	
* $\alpha_{21,0}$	10100 (6)	0,00007	
* $\alpha_{24,0}$	10281 (6)	0,00014	
* $\alpha_{26,0}$	10339 (8)	0,00002	
* $\alpha_{32,0}$	10532 (6)	0,00008	
* $\alpha_{38,0}$	10713 (10)	0,00002	

\* Transitions  $\alpha$  of long range.

### 3 Atomic Data

#### 3.1 Po

$\omega_K$	:	0,97	(2)
$\bar{\omega}_L$	:	0,43	(4)
$\bar{\omega}_M$	:	0,0328	
$n_{KL}$	:	0,805	(40)
$\bar{n}_{LM}$	:	1,267	

#### 3.1.1 X Radiations

	Energy keV	Relative probability		
X <sub>K</sub>	K $\alpha_2$	76,864	59,7	
	K $\alpha_1$	79,293	100	
	K $\beta_3$	89,256	}	
	K $\beta_1$	89,8		
	K $\beta_5''$	90,363	}	
	K $\beta_2$	92,33		
	K $\beta_4$	92,62		
		KO <sub>2,3</sub>	92,98	}
	X <sub>L</sub>	L $\ell$	9,657	
		L $\alpha$	11,016 – 11,13	
L $\eta$		12,085		
L $\beta$		12,824 – 14,248		
L $\gamma$		15,251 – 16,213		

#### 3.1.2 Auger Electrons

	Energy keV	Relative probability
Auger K		
KLL	58,97 – 65,20	100
KLX	71,93 – 76,60	56,5
KXY	84,72 – 93,04	9,27
Auger L		
	5,4 – 16,8	



4  $\alpha$  Emissions

	Energy keV	Probability $\times 100$
$\alpha_{0,5}$	4945 (3)	0,000052 (3)
$\alpha_{0,4}$	5027 (3)	0,000045 (3)
$\alpha_{0,3}$	5189 (3)	0,00013 (1)
$\alpha_{0,2}$	5272 (3)	0,00125 (7)
$\alpha_{0,1}$	5454 (3)	0,0116 (7)
$\alpha_{0,0}$	5516 (3)	0,0082 (5)
* $\alpha_{1,0}$	8287 (6)	0,00012
* $\alpha_{6,1}$	8430 (6)	0,00006
* $\alpha_{2,0}$	8950 (6)	0,00002
* $\alpha_{4,0}$	9080 (6)	0,0022
* $\alpha_{6,0}$	9320 (6)	0,00005
* $\alpha_{7,0}$	9378 (8)	0,00002
* $\alpha_{10,0}$	9500 (6)	0,0001
* $\alpha_{14,0}$	9670 (8)	0,00004
* $\alpha_{17,0}$	9802 (6)	0,00012
* $\alpha_{21,0}$	9907 (6)	0,00007
* $\alpha_{24,0}$	10082 (6)	0,00014
* $\alpha_{26,0}$	10150 (8)	0,00002
* $\alpha_{32,0}$	10332 (6)	0,00008
* $\alpha_{38,0}$	10505 (10)	0,00002

\*  $\alpha$  of long range.

## 5 Electron Emissions

		Energy keV		Electrons per 100 disint.
e <sub>AL</sub>	(Po)	5,4	- 16,8	0,828 (11)
e <sub>AK</sub>	(Po)			0,047 (6)
	KLL	58,97	- 65,20	}
	KLX	71,93	- 76,60	}
	KXY	84,72	- 93,04	}
ec <sub>1,0</sub> K	(Po)	516,216	(3)	0,679 (21)
ec <sub>1,0</sub> L	(Po)	592,388	- 595,506	0,191 (6)
ec <sub>3,1</sub> K	(Po)	675,265	(6)	0,0606 (18)
ec <sub>4,1</sub> K	(Po)	713,087	(10)	0,011 (1)
ec <sub>3,1</sub> L	(Po)	751,437	- 754,555	0,0130 (4)
ec <sub>5,1</sub> K	(Po)	840,961	(12)	0,0629 (19)
ec <sub>5,1</sub> L	(Po)	917,133	- 920,251	0,0107 (3)
ec <sub>7,1</sub> K	(Po)	1027,188	(10)	0,198 (6)
ec <sub>7,1</sub> L	(Po)	1103,360	- 1106,478	0,0331 (10)
ec <sub>10,1</sub> K	(Po)	1145,014	(12)	0,0612 (19)
ec <sub>10,1</sub> L	(Po)	1221,186	- 1224,304	0,0102 (3)
ec <sub>3,0</sub> K	(Po)	1284,572	(11)	0,01302 (40)
ec <sub>16,1</sub> K	(Po)	1416,127	(7)	0,010 (2)
ec <sub>9,0</sub> K	(Po)	1671,415	(10)	0,0120 (5)
ec <sub>19,0</sub> K	(Po)	2111,009	(13)	0,014 (1)
$\beta_{0,47}^-$	max:	88	(11)	0,0015 (2)
$\beta_{0,47}^-$	avg:			
$\beta_{0,46}^-$	max:	129	(11)	0,0014 (4)
$\beta_{0,46}^-$	avg:			
$\beta_{0,45}^-$	max:	190	(11)	0,0043 (10)
$\beta_{0,45}^-$	avg:			
$\beta_{0,44}^-$	max:	218	(11)	0,021 (2)
$\beta_{0,44}^-$	avg:			
$\beta_{0,43}^-$	max:	272	(11)	0,010 (1)
$\beta_{0,43}^-$	avg:			
$\beta_{0,42}^-$	max:	293	(11)	0,014 (2)
$\beta_{0,42}^-$	avg:			
$\beta_{0,41}^-$	max:	332	(11)	0,023 (3)
$\beta_{0,41}^-$	avg:			
$\beta_{0,40}^-$	max:	350	(11)	0,026 (2)
$\beta_{0,40}^-$	avg:			
$\beta_{0,39}^-$	max:	378	(11)	0,006 (1)
$\beta_{0,39}^-$	avg:			
$\beta_{0,38}^-$	max:	392	(11)	0,009 (1)
$\beta_{0,38}^-$	avg:			

		Energy keV		Electrons per 100 disint.
$\beta_{0,37}^-$	max:	445	(11)	0,003 (1)
$\beta_{0,37}^-$	avg:			
$\beta_{0,36}^-$	max:	486	(11)	0,0055 (5)
$\beta_{0,36}^-$	avg:			
$\beta_{0,35}^-$	max:	502	(11)	0,072 (4)
$\beta_{0,35}^-$	avg:			
$\beta_{0,34}^-$	max:	543	(11)	0,455 (21)
$\beta_{0,34}^-$	avg:	162	(4)	
$\beta_{0,33}^-$	max:	553	(11)	0,242 (18)
$\beta_{0,33}^-$	avg:	165	(4)	
$\beta_{0,32}^-$	max:	573	(11)	0,071 (10)
$\beta_{0,32}^-$	avg:			
$\beta_{0,31}^-$	max:	577	(11)	0,20 (1)
$\beta_{0,31}^-$	avg:	173	(4)	
$\beta_{0,30}^-$	max:	610	(11)	0,099 (1)
$\beta_{0,30}^-$	avg:			
$\beta_{0,29}^-$	max:	641	(11)	0,021 (5)
$\beta_{0,29}^-$	avg:			
$\beta_{0,28}^-$	max:	727	(11)	0,051 (23)
$\beta_{0,28}^-$	avg:			
$\beta_{0,27}^-$	max:	764	(11)	0,108 (30)
$\beta_{0,27}^-$	avg:	240	(4)	
$\beta_{0,26}^-$	max:	766	(11)	0,208 (20)
$\beta_{0,26}^-$	avg:	240	(4)	
$\beta_{0,25}^-$	max:	790	(11)	1,19 (3)
$\beta_{0,25}^-$	avg:	248	(4)	
$\beta_{0,24}^-$	max:	824	(11)	2,68 (12)
$\beta_{0,24}^-$	avg:	261	(4)	
$\beta_{0,23}^-$	max:	849	(11)	0,023 (5)
$\beta_{0,23}^-$	avg:			
$\beta_{0,22}^-$	max:	979	(11)	0,56 (3)
$\beta_{0,22}^-$	avg:	316	(5)	
$\beta_{0,21}^-$	max:	1005	(11)	0,17 (3)
$\beta_{0,21}^-$	avg:	328	(5)	
$\beta_{0,20}^-$	max:	1063	(11)	0,37 (4)
$\beta_{0,20}^-$	avg:	350	(5)	
$\beta_{0,19}^-$	max:	1069	(11)	5,54 (14)
$\beta_{0,19}^-$	avg:	352	(5)	
$\beta_{0,18}^-$	max:	1079	(11)	0,85 (5)
$\beta_{0,18}^-$	avg:	357	(5)	
$\beta_{0,17}^-$	max:	1124	(11)	0,47 (6)
$\beta_{0,17}^-$	avg:	374	(5)	

		Energy keV		Electrons per 100 disint.
$\beta_{0,16}^-$	max:	1153	(11)	4,35 (13)
$\beta_{0,16}^-$	avg:	385	(5)	
$\beta_{0,15}^-$	max:	1183	(11)	0,12 (1)
$\beta_{0,15}^-$	avg:	397	(5)	
$\beta_{0,14}^-$	max:	1255	(11)	2,39 (13)
$\beta_{0,14}^-$	avg:	425	(5)	
$\beta_{0,13}^-$	max:	1261	(11)	1,44 (4)
$\beta_{0,13}^-$	avg:	427	(5)	
$\beta_{0,12}^-$	max:	1277	(11)	1,26 (10)
$\beta_{0,12}^-$	avg:	434	(5)	
$\beta_{0,11}^-$	max:	1382	(11)	1,55 (7)
$\beta_{0,11}^-$	avg:	475	(5)	
$\beta_{0,10}^-$	max:	1425	(11)	8,07 (20)
$\beta_{0,10}^-$	avg:	492	(5)	
$\beta_{0,9}^-$	max:	1507	(11)	16,8 (5)
$\beta_{0,9}^-$	avg:	525	(5)	
$\beta_{0,8}^-$	max:	1529	(11)	0,24 (2)
$\beta_{0,8}^-$	avg:	534	(5)	
$\beta_{0,7}^-$	max:	1542	(11)	17,3 (4)
$\beta_{0,7}^-$	avg:	539	(5)	
$\beta_{0,6}^-$	max:	1611	(11)	0,80 (12)
$\beta_{0,6}^-$	avg:	569	(5)	
$\beta_{0,5}^-$	max:	1729	(11)	3,18 (7)
$\beta_{0,5}^-$	avg:	615	(5)	
$\beta_{0,4}^-$	max:	1856	(11)	0,97 (7)
$\beta_{0,4}^-$	avg:	668	(5)	
$\beta_{0,3}^-$	max:	1895	(11)	7,45 (30)
$\beta_{0,3}^-$	avg:	684	(5)	
$\beta_{0,2}^-$	max:	1997	(11)	0,20 (6)
$\beta_{0,2}^-$	avg:	726	(6)	
$\beta_{0,1}^-$	max:	2663	(11)	0,8 (4)
$\beta_{0,1}^-$	avg:	1007	(6)	
$\beta_{0,0}^-$	max:	3272	(11)	19,6 (12)
$\beta_{0,0}^-$	avg:	1269	(6)	

## 6 Photon Emissions

### 6.1 X-Ray Emissions

		Energy keV	Photons per 100 disint.	
XL	(Po)	9,657 — 16,213	0,557 (11)	
XK $\alpha_2$	(Po)	76,864	0,383 (7)	} K $\alpha$
XK $\alpha_1$	(Po)	79,293	0,637 (11)	
XK $\beta_3$	(Po)	89,256	}	K' $\beta_1$
XK $\beta_1$	(Po)	89,8	}	
XK $\beta_5''$	(Po)	90,363	}	
XK $\beta_2$	(Po)	92,33	}	
XK $\beta_4$	(Po)	92,62	}	K' $\beta_2$
XKO <sub>2,3</sub>	(Po)	92,98	}	

### 6.2 Gamma Emissions

	Energy keV	Photons per 100 disint.	
$\gamma_{1,0}$ (Tl)	62,5 (31)	0,0116 (7)	
$\gamma_{2,1}$ (Tl)	191,1 (31)	0,00125 (7)	
$\gamma_{(-1,4)}$ (Po)	273,7 (3)	0,18 (3)	
$\gamma_{13,7}$ (Po)	280,92 (10)	0,08 (2)	
$\gamma_{(-1,3)}$ (Po)	304,35 (15)	0,08 (2)	
$\gamma_{12,6}$ (Po)	333,7 (3)	0,06 (2)	
$\gamma_{(-1,5)}$ (Po)	334,9 (2)	0,030 (15)	
$\gamma_{9,3}$ (Po)	386,77 (5)	0,294 (2)	
$\gamma_{16,7}$ (Po)	388,88 (5)	0,399 (4)	
$\gamma_{25,15}$ (Po)	394,0 (2)	0,008 (3)	
$\gamma_{30,21}$ (Po)	396,03 (9)	0,031 (6)	
$\gamma_{(-1,6)}$ (Po)	405,75 (3)	0,16 (1)	
$\gamma_{(-1,7)}$ (Po)	439,8 (4)	0,03 (1)	
$\gamma_{7,2}$ (Po)	454,77 (12)	0,287 (2)	
$\gamma_{10,3}$ (Po)	469,73 (10)	0,13 (1)	
$\gamma_{19,7}$ (Po)	474,4 (1)	0,112 (16)	
$\gamma_{(-1,15)}$ (Po)	494,35 (20)	0,008	
$\gamma_{21,9}$ (Po)	502,02 (30)	0,016 (3)	
$\gamma_{(-1,8)}$ (Po)	520,1 (2)	0,005 (2)	
$\gamma_{34,19}$ (Po)	524,7 (2)	0,014 (5)	
$\gamma_{21,7}$ (Po)	537,01 (12)	0,053 (9)	
$\gamma_{19,6}$ (Po)	543,31 (8)	0,086 (9)	
$\gamma_{20,6}$ (Po)	547,08 (20)	0,029 (6)	
$\gamma_{10,2}$ (Po)	572,79 (12)	0,073 (11)	
$\gamma_{(-1,9)}$ (Po)	595,4 (3)	0,01	

	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{1,0}(\text{Po})$	609,316 (3)	45,2 (3)
$\gamma_{(-1,10)}(\text{Po})$	615,74 (4)	0,08 (2)
$\gamma_{12,3}(\text{Po})$	617,05 (20)	0,035 (12)
$\gamma_{(-1,11)}(\text{Po})$	626,75 (30)	0,005
$\gamma_{(-1,12)}(\text{Po})$	630,98 (15)	0,017 (6)
$\gamma_{13,3}(\text{Po})$	633,20 (8)	0,06 (1)
$\gamma_{(-1,13)}(\text{Po})$	639,57 (11)	0,031 (5)
$\gamma_{18,5}(\text{Po})$	649,18 (70)	0,056 (4)
$\gamma_{19,5}(\text{Po})$	660,9 (3)	0,043 (17)
$\gamma_{2,1}(\text{Po})$	665,453 (22)	1,520 (6)
$\gamma_{31,13}(\text{Po})$	683,13 (10)	0,076 (9)
$\gamma_{(-1,14)}(\text{Po})$	687,6 (3)	0,006 (3)
$\gamma_{23,7}(\text{Po})$	693,3 (5)	0,006 (3)
$\gamma_{(-1,16)}(\text{Po})$	697,80 (9)	0,05 (2)
$\gamma_{16,4}(\text{Po})$	703,11 (4)	0,51 (3)
$\gamma_{15,3}(\text{Po})$	710,7 (2)	0,068 (2)
$\gamma_{12,2}(\text{Po})$	719,86 (2)	0,41 (1)
$\gamma_{21,5}(\text{Po})$	723,06 (16)	0,041 (20)
$\gamma_{(-1,17)}(\text{Po})$	727,5 (6)	0,033 (8)
$\gamma_{34,12}(\text{Po})$	733,76 (8)	0,040 (5)
$\gamma_{16,3}(\text{Po})$	741,0 (5)	0,039
$\gamma_{25,7}(\text{Po})$	752,84 (3)	0,132 (9)
$\gamma_{3,1}(\text{Po})$	768,367 (11)	4,851 (13)
$\gamma_{24,6}(\text{Po})$	786,1 (4)	0,23 (8)
$\gamma_{(-1,18)}(\text{Po})$	799,76 (15)	0,037 (7)
$\gamma_{4,1}(\text{Po})$	806,185 (11)	1,252 (8)
$\gamma_{18,3}(\text{Po})$	815,13 (14)	0,045 (10)
$\gamma_{25,6}(\text{Po})$	821,180 (3)	0,150 (5)
$\gamma_{19,3}(\text{Po})$	826,13 (3)	0,11 (2)
$\gamma_{(-1,19)}(\text{Po})$	832,35 (14)	0,025 (5)
$\gamma_{(-1,20)}(\text{Po})$	847,1 (2)	0,016 (6)
$\gamma_{24,5}(\text{Po})$	904,28 (14)	0,10 (3)
$\gamma_{22,3}(\text{Po})$	915,7 (2)	0,021 (5)
$\gamma_{5,1}(\text{Po})$	934,061 (12)	3,07 (1)
$\gamma_{(-1,21)}(\text{Po})$	943,3 (2)	0,017 (5)
$\gamma_{34,9}(\text{Po})$	964,08 (3)	0,373 (14)
$\gamma_{33,8}(\text{Po})$	976,18 (10)	0,023 (12)
$\gamma_{(-1,22)}(\text{Po})$	989,08 (31)	0,011 (5)
$\gamma_{(-1,23)}(\text{Po})$	1013,4 (10)	0,009 (6)
$\gamma_{(-1,24)}(\text{Po})$	1020,5 (6)	0,010 (6)
$\gamma_{24,4}(\text{Po})$	1032,37 (8)	0,099 (20)
$\gamma_{32,6}(\text{Po})$	1038,0 (6)	0,016 (7)
$\gamma_{(-1,25)}(\text{Po})$	1045,4 (6)	0,028 (5)
$\gamma_{6,1}(\text{Po})$	1051,96 (3)	0,321 (16)
$\gamma_{34,6}(\text{Po})$	1066,9 (8)	0,028 (10)
$\gamma_{24,3}(\text{Po})$	1069,96 (7)	0,288 (21)
$\gamma_{(-1,26)}(\text{Po})$	1103,7 (3)	0,09 (5)

	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{25,3}(\text{Po})$	1104,17 (4)	0,19 (1)
$\gamma_{7,1}(\text{Po})$	1120,287 (10)	14,79 (4)
$\gamma_{27,3}(\text{Po})$	1130,8 (4)	0,045 (10)
$\gamma_{8,1}(\text{Po})$	1133,66 (3)	0,260 (18)
$\gamma_{9,1}(\text{Po})$	1155,10 (2)	1,624 (7)
$\gamma_{24,2}(\text{Po})$	1173,03 (9)	0,05 (2)
$\gamma_{25,2}(\text{Po})$	1207,68 (3)	0,479 (27)
$\gamma_{35,5}(\text{Po})$	1226,8 (6)	0,03 (1)
$\gamma_{26,2}(\text{Po})$	1230,5 (10)	0,022
$\gamma_{10,1}(\text{Po})$	1238,110 (12)	5,791 (13)
$\gamma_{11,1}(\text{Po})$	1280,96 (2)	1,426 (6)
$\gamma_{33,4}(\text{Po})$	1303,74 (6)	0,11 (1)
$\gamma_{31,3}(\text{Po})$	1316,8 (1)	0,08 (1)
$\gamma_{(-1,27)}(\text{Po})$	1330,0 (6)	0,010 (5)
$\gamma_{33,3}(\text{Po})$	1341,5 (3)	0,021 (10)
$\gamma_{(-1,28)}(\text{Po})$	1350,6 (3)	0,004 (2)
$\gamma_{3,0}(\text{Po})$	1377,669 (12)	3,958 (15)
$\gamma_{12,1}(\text{Po})$	1385,315 (30)	0,787 (7)
$\gamma_{35,3}(\text{Po})$	1392,5 (4)	0,018 (8)
$\gamma_{13,1}(\text{Po})$	1401,516 (14)	1,322 (9)
$\gamma_{14,1}(\text{Po})$	1407,993 (7)	2,369 (7)
$\gamma_{31,2}(\text{Po})$	1419,7 (6)	0,004 (1)
$\gamma_{(-1,29)}(\text{Po})$	1471,1 (6)	0,0012
$\gamma_{15,1}(\text{Po})$	1479,27 (11)	0,06 (1)
$\gamma_{16,1}(\text{Po})$	1509,217 (8)	2,104 (13)
$\gamma_{17,1}(\text{Po})$	1538,50 (6)	0,452 (27)
$\gamma_{5,0}(\text{Po})$	1543,32 (6)	0,307 (13)
$\gamma_{18,1}(\text{Po})$	1583,220 (18)	0,704 (7)
$\gamma_{19,1}(\text{Po})$	1594,73 (7)	0,303 (23)
$\gamma_{20,1}(\text{Po})$	1599,31 (6)	0,343 (27)
$\gamma_{(-1,30)}(\text{Po})$	1636,6 (4)	0,018 (8)
$\gamma_{21,1}(\text{Po})$	1657,4 (6)	0,073 (32)
$\gamma_{6,0}(\text{Po})$	1661,316 (13)	1,08 (4)
$\gamma_{22,1}(\text{Po})$	1684,024 (18)	0,23 (1)
$\gamma_{7,0}(\text{Po})$	1729,64 (1)	2,822 (19)
$\gamma_{9,0}(\text{Po})$	1764,539 (15)	15,19 (4)
$\gamma_{(-1,31)}(\text{Po})$	1782,1 (10)	0,015 (5)
$\gamma_{23,1}(\text{Po})$	1813,7 (4)	0,011 (4)
$\gamma_{24,1}(\text{Po})$	1838,38 (10)	0,37 (5)
$\gamma_{10,0}(\text{Po})$	1847,420 (25)	2,002 (11)
$\gamma_{25,1}(\text{Po})$	1873,17 (6)	0,22 (1)
$\gamma_{11,0}(\text{Po})$	1890,36 (12)	0,11 (2)
$\gamma_{26,1}(\text{Po})$	1896,4 (2)	0,18 (2)
$\gamma_{27,1}(\text{Po})$	1898,7 (4)	0,063 (23)
$\gamma_{28,1}(\text{Po})$	1936,0 (4)	0,051 (23)
$\gamma_{(-1,32)}(\text{Po})$	1994,7 (15)	0,005 (3)
$\gamma_{(-1,33)}(\text{Po})$	2004,5 (10)	0,003

	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{13,0}(\text{Po})$	2010,77 (14)	0,049 (9)
$\gamma_{29,1}(\text{Po})$	2021,7 (3)	0,02 (1)
$\gamma_{30,1}(\text{Po})$	2052,98 (12)	0,068 (10)
$\gamma_{31,1}(\text{Po})$	2085,0 (5)	0,010 (3)
$\gamma_{32,1}(\text{Po})$	2089,57 (13)	0,05 (1)
$\gamma_{33,1}(\text{Po})$	2109,98 (10)	0,086 (6)
$\gamma_{16,0}(\text{Po})$	2118,536 (8)	1,150 (10)
$\gamma_{17,0}(\text{Po})$	2147,7 (3)	0,016 (4)
$\gamma_{(-1,34)}(\text{Po})$	2176,8 (6)	0,004
$\gamma_{18,0}(\text{Po})$	2192,6 (2)	0,042 (10)
$\gamma_{19,0}(\text{Po})$	2204,071 (21)	4,899 (36)
$\gamma_{(-1,35)}(\text{Po})$	2251,2 (4)	0,006 (3)
$\gamma_{(-1,36)}(\text{Po})$	2259,8 (4)	0,006 (2)
$\gamma_{21,0}(\text{Po})$	2266,6 (3)	0,017 (2)
$\gamma_{(-1,37)}(\text{Po})$	2270,7 (4)	0,003
$\gamma_{(-1,38)}(\text{Po})$	2284,4 (7)	0,005 (1)
$\gamma_{22,0}(\text{Po})$	2293,338 (20)	0,305 (4)
$\gamma_{40,1}(\text{Po})$	2312,2 (4)	0,012 (3)
$\gamma_{(-1,39)}(\text{Po})$	2324,8 (10)	0,002 (1)
$\gamma_{41,1}(\text{Po})$	2331,3 (2)	0,021 (3)
$\gamma_{(-1,40)}(\text{Po})$	2360,9 (6)	0,002 (1)
$\gamma_{(-1,41)}(\text{Po})$	2369,3 (6)	0,003
$\gamma_{(-1,42)}(\text{Po})$	2377,0 (2)	0,009 (3)
$\gamma_{(-1,43)}(\text{Po})$	2390,9 (6)	0,002 (1)
$\gamma_{23,0}(\text{Po})$	2423,6 (1)	0,006 (2)
$\gamma_{24,0}(\text{Po})$	2447,673 (10)	1,539 (13)
$\gamma_{25,0}(\text{Po})$	2482,8 (4)	0,002 (1)
$\gamma_{26,0}(\text{Po})$	2505,6 (2)	0,006 (1)
$\gamma_{(-1,44)}(\text{Po})$	2551 (1)	0,0004
$\gamma_{(-1,45)}(\text{Po})$	2604,5 (10)	0,0004 (1)
$\gamma_{29,0}(\text{Po})$	2630,9 (5)	0,0008 (5)
$\gamma_{30,0}(\text{Po})$	2662 (1)	0,0003 (1)
$\gamma_{31,0}(\text{Po})$	2694,5 (2)	0,031 (3)
$\gamma_{32,0}(\text{Po})$	2699,4 (2)	0,005 (2)
$\gamma_{33,0}(\text{Po})$	2719,4 (3)	0,0015 (5)
$\gamma_{35,0}(\text{Po})$	2770,0 (2)	0,024 (4)
$\gamma_{36,0}(\text{Po})$	2786,1 (2)	0,0055 (5)
$\gamma_{37,0}(\text{Po})$	2827,0 (3)	0,003 (1)
$\gamma_{(-1,46)}(\text{Po})$	2860,9 (8)	0,0003 (2)
$\gamma_{38,0}(\text{Po})$	2880,4 (3)	0,009 (1)
$\gamma_{39,0}(\text{Po})$	2893,5 (2)	0,0058 (2)
$\gamma_{40,0}(\text{Po})$	2922,0 (2)	0,014 (2)
$\gamma_{(-1,47)}(\text{Po})$	2928,7 (8)	0,0012 (6)
$\gamma_{(-1,48)}(\text{Po})$	2934,9 (8)	0,0006 (3)
$\gamma_{41,0}(\text{Po})$	2940 (1)	0,0015 (5)
$\gamma_{42,0}(\text{Po})$	2978,9 (2)	0,014 (3)
$\gamma_{(-1,49)}(\text{Po})$	2988,7 (10)	0,0010 (3)



	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{43,0}(\text{Po})$	3000,0 (2)	0,010 (1)
$\gamma_{44,0}(\text{Po})$	3053,8 (2)	0,021 (2)
$\gamma_{45,0}(\text{Po})$	3081,7 (2)	0,0043 (10)
$\gamma_{(-1,50)}(\text{Po})$	3093,9 (8)	0,0005 (2)
$\gamma_{(-1,51)}(\text{Po})$	3136,3 (10)	0,0003 (1)
$\gamma_{46,0}(\text{Po})$	3142,6 (4)	0,0014 (4)
$\gamma_{(-1,52)}(\text{Po})$	3160,5 (7)	0,0005 (2)
$\gamma_{47,0}(\text{Po})$	3183,6 (4)	0,0015 (2)
$\gamma_{(-1,53)}(\text{Po})$	3233,3	0,0002
$\gamma_{(-1,54)}(\text{Po})$	3269,7	0,0001

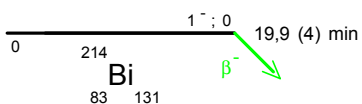
## 7 Main Production Modes

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ra} - 226 \text{ daughter}() \\ \text{Possible impurities : Bi} - 210 \end{array} \right.$

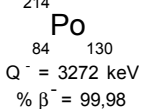
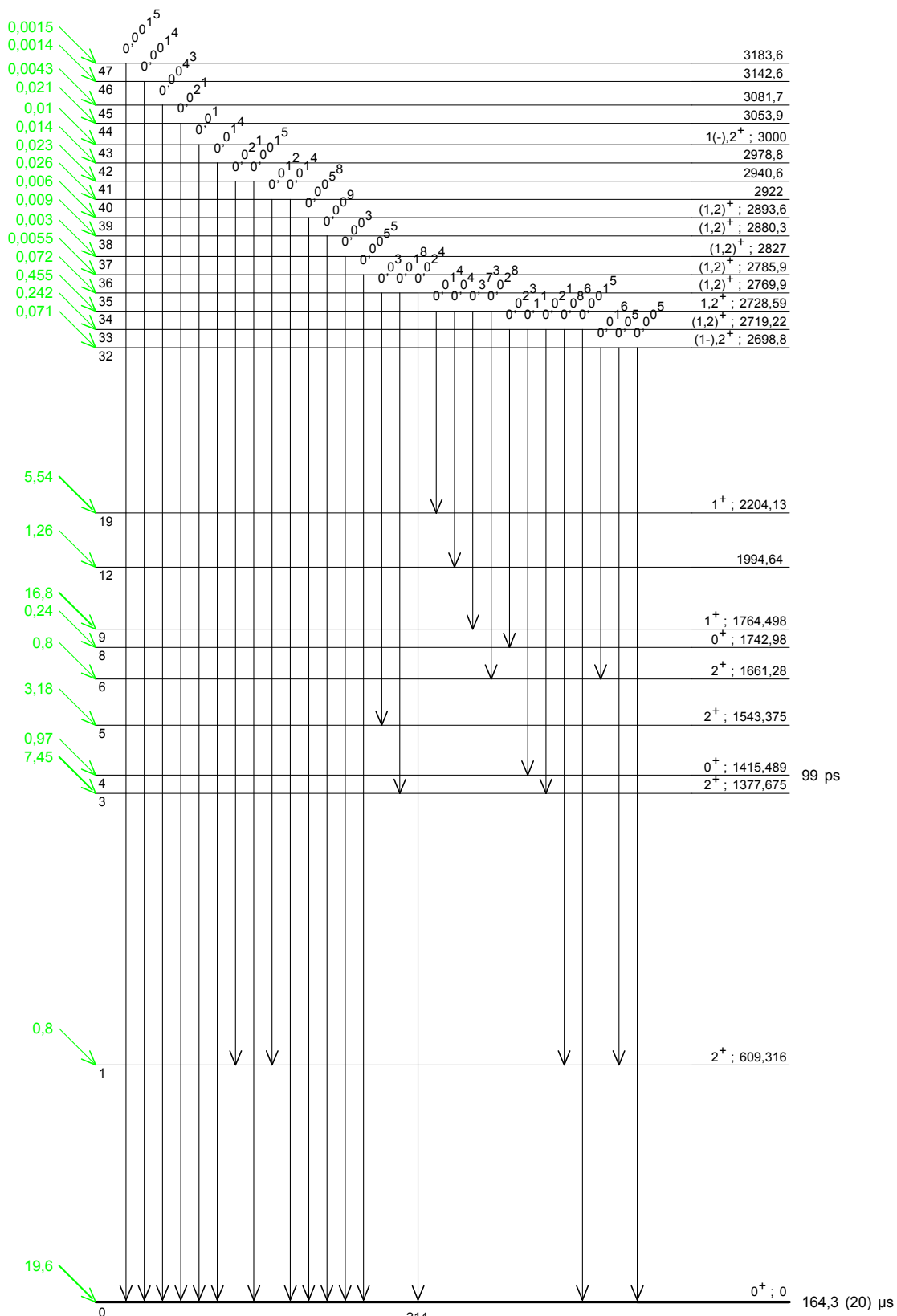
## 8 References

- LORD RUTHEFORD, F.A.B. WARD, W.B. LEWIS. Proc. Roy. Soc. (London) A131 (1931) 697  
(Alpha emission energies, Alpha emission probabilities)
- M.CURIE, A.DEBIERNE, A.S. EVE, H. GEIGER, O. HAHN, S.C. LIND, St.MEYER, E. RUTHEFORD, E. SCHWEIOLER. Rev. Mod. Phys. 3 (1931) 427  
(Half-life)
- W.B.LEWIS, B.V.BOWDEN. Proc. Roy. Soc. ( London) A145 (1934) 235  
(Alpha emission energies, Alpha emission probabilities)
- J.M.CORK, C.E BRANYAN, A.E STODDARD, H.B KELLER, J.M LE BLANC, W.J.CHILDS. Phys. Rev. 83 (1951) 681  
(Alpha emission energies, Alpha emission probabilities)
- D.E. ALBURGER, A.HEDGRAN. Ark. Fysik 7 (35) (1953) 423  
(K/L, K/LM)
- G.H.BRIGGS. Red. Mod. Phys. 26 (1) (1954) 1  
(Alpha emission energies, Alpha emission probabilities)
- V.H.DANIEL, R.NIERHAUS. Z. Naturforsch 11a (1956) 212  
(Half-life)
- VON M. TUTTER. Z. Phys. 155 (1959) 368  
(Mean half-life)
- R.J.WALEN, G.BASTIN-SCOFFIER. Nucl. Phys. 16 (1960) 246  
(Alpha emission energies, Alpha emission probabilities)
- P.WEINZIERL, E.UJLAKI, G.PREINREICH, G.EDER. Phys. Rev. B134 (1964) 257  
(Half-life)
- C.F.LEANG. Compt. Rend. Ac. Sci. (Paris) 260 , 6 (1965) 3037  
(Alpha emission energies, Alpha emission probabilities)
- E.W.A.LINGEMAN, J.KONIJN, P.POLAK, A.H WAPSTRA. Nucl. Phys. A133 (1969) 630  
(Alpha emission energies, Alpha emission probabilities Gamma-ray energies Gamma-ray emission probabilities)
- R.GUNNINK, J.B NIDAY, R.P ANDERSON, R.A MEYER. LRL-UCID-15439 (1969)  
(Gamma-ray emission probabilities)
- A.HOHNDORF. Z. Naturforsch 24a (1969) 612  
(Half-life)

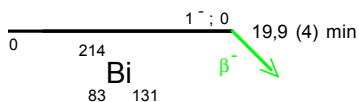
- G.WALLACE, G.E.COOTE. Nucl. Instrum. Methods 74 (1969) 353  
(Gamma-ray emission probabilities)
- R.S.MOWATT. Can. J. Phys. 48 (1970) 2606  
(Gamma-ray emission probabilities)
- K.YA.GROMOV, B.M.SABIROV, J.J.URBANETS. Bull. Ac. Sci. USSR. Phys. Ser. 33 (1970) 1510  
(Gamma-ray emission probabilities)
- A.ERLIK, J.FELSTEINER, H.LINDEMAN, M.TATCHER. Nucl. Instrum. Methods 92 (1971) 45  
(Half-life)
- J.K.DICKENS. ORNL-TM-3509 (1971)  
(Gamma-ray emission probabilities)
- J.E.CLINÉ, R.J.GEHRKE, L.D.McISSAC. ANCR-1069, suppl. IN-1448 (1972)  
(Gamma-ray energies, Gamma-ray emission probabilities)
- A.HACHEM, H.MARIA, J.DALMASSO, C.YTHIER. Compt. Rend. Ac. Sci. (Paris) 279, 2 (1974) 555  
(Gamma-ray energies, Gamma-ray emission probabilities)
- A.HACHEM. Compt. Rend. Ac. Sci. (Paris) 281B (1975) 45  
(Gamma-ray emission probabilities, Gamma-ray energies)
- V.ZOBEL, J.EBERTH, U.EBERTH, E.EUBE. Nucl. Instrum. Methods 141 (1977) 329  
(Gamma-ray energies, Gamma-ray emission probabilities)
- F.RÖSEL, H.M.FRIESS, K.ALDER, H.C.PAULI. At. Data. Nucl. Data Tables 21 (1978) 92  
(Theoretical internal conversion coefficients)
- B.BENGTSON, H.L.NIELSEN, N.RUD. Nucl. Phys. A319 (1979) 21  
(Mean half-life, Gamma transition probabilities)
- R.G.HELMER, R.J.GEHRKE, R.C.GREENWOOD. Nucl. Instrum. Methods 166 (1979) 547  
(Gamma-ray energies)
- H.AKCAÏ, G.MOUZE, D.MAILLARD, C.YTHIER. Communication Privée (1981)  
(Gamma-ray energies, Gamma-ray emission probabilities)
- U.SCHÖTZIG, K.DEBERTIN. Int. J. Appl. Radiat. Isotop. 34,2 (1983) 533  
(Gamma-ray emission intensities, X-ray emission intensities)
- N.COURSOL, F.LAGOUTINE, B.DUCHEMIN. Nucl. Instrum. Methods A286 (1990) 589  
(Gamma-ray emission probabilities)
- W.J.LIN, G.HARBOTTLE. J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett. 153 (1991) 137  
(Gamma-ray emission intensities)
- G.AUDI, A.H.WAPSTRA. Nucl. Phys. A595 (1995) 409  
(Q)
- J.MOREL, M.ETCHEVERRY, J.L.PICOLO. Appl. Rad. Isotopes 49 (1998) 1387  
(Gamma-ray emission intensities)
- J.U.DELGADO, J.MOREL, M.ETCHEVERRY. Appl. Rad. Isotopes 56 (2002) 137  
(Gamma-ray emission intensities, X-ray emission intensities)
- R.G.HELMER. IAEA - CRP To be published (2003)  
(Gamma-ray emission intensities)
- G.L.MOLNAR, ZS.RÉVAY, T.BELGYA. 11th Int. Symp. On Capture gamma-ray Spectroscopy, 2-6 Sep 2002, Pruhonice  
To be published (2003)  
(Gamma-ray emission intensities)



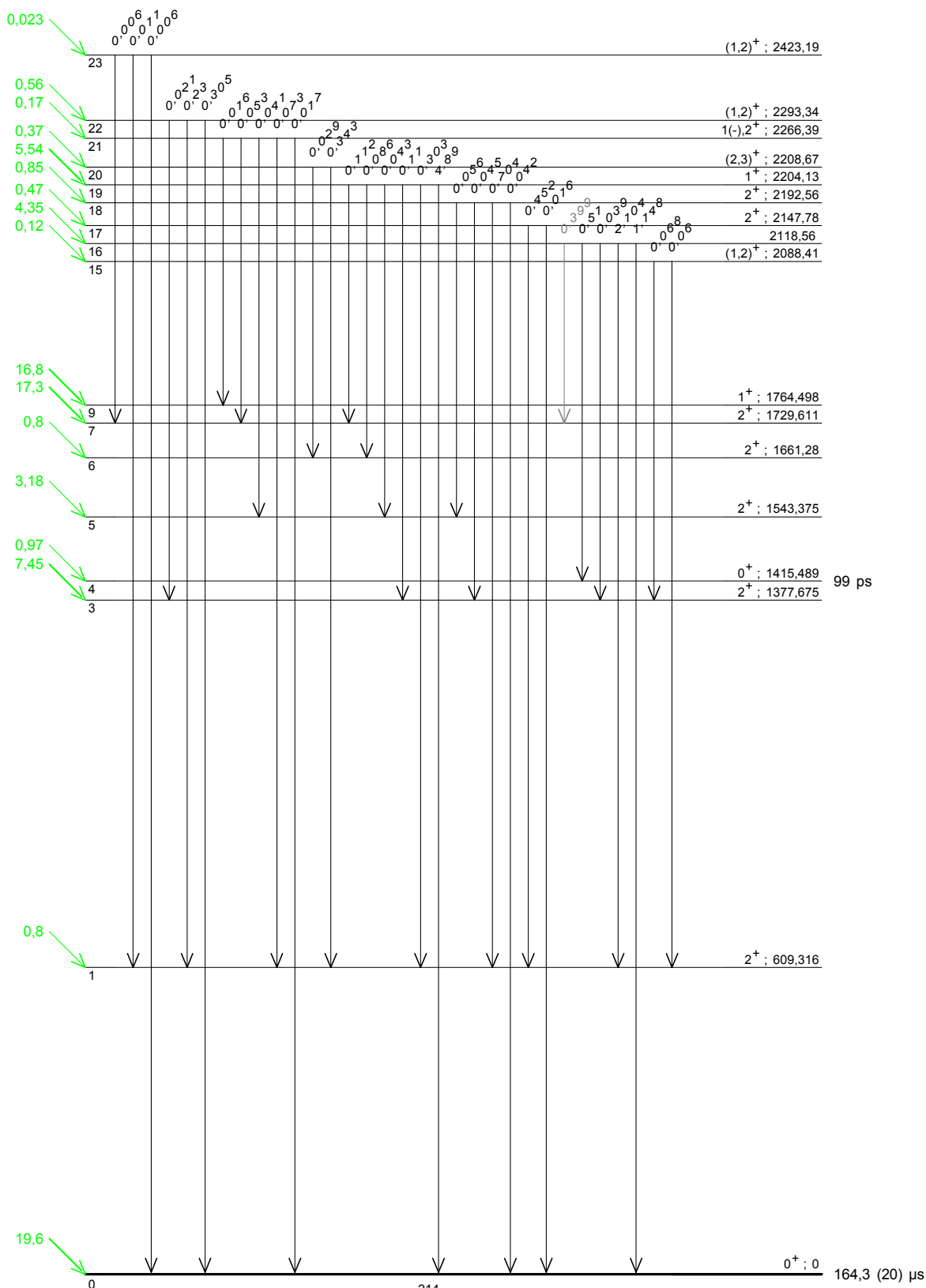
$\gamma$  Emission probabilities per 100 disintegrations





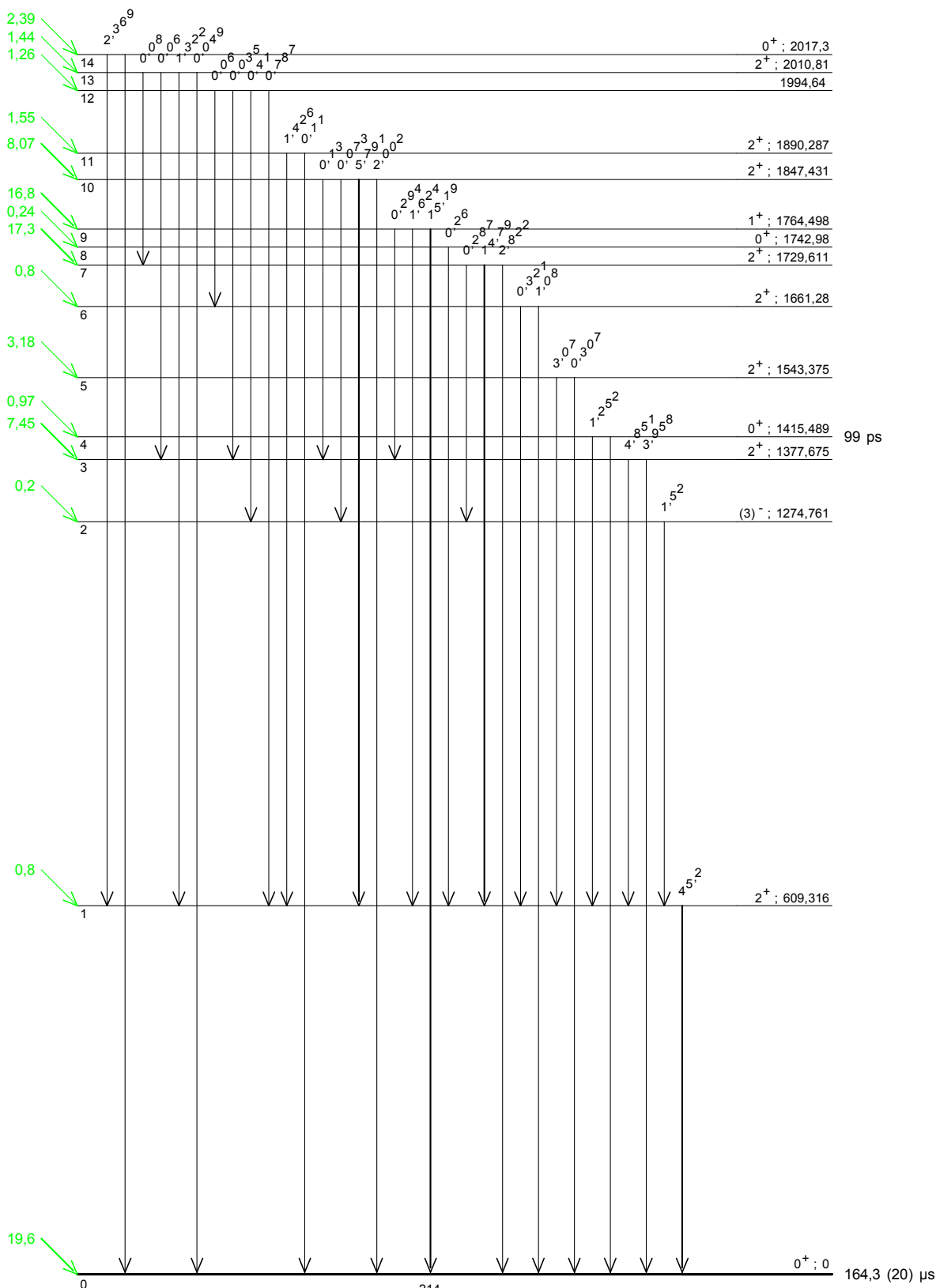


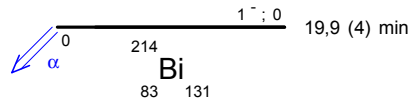
$\gamma$  Emission probabilities per 100 disintegrations



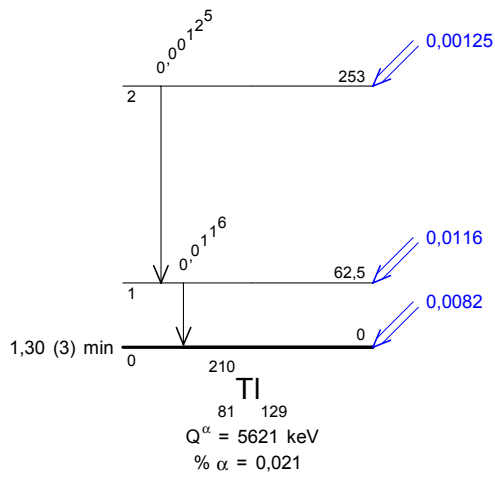
$1^-; 0$   
19,9 (4) min  
 $\beta^-$   
214  
Bi  
83 131

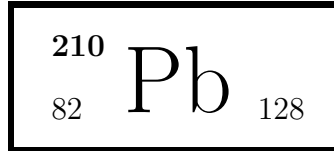
$\gamma$  Emission probabilities per 100 disintegrations





γ Emission probabilities  
per 100 disintegrations





## 1 Decay Scheme

Le Pb-210 se désintègre par émission bêta moins vers le niveau excité et le niveau fondamental de Bi-210. Une transition alpha de très faible intensité ( $2,1 \text{ E-6 } \%$ ) vers le niveau fondamental de Hg-206 a été mise en évidence.

*Pb-210 disintegrates by beta minus emission to the excited level and to the ground state level of Bi-210. A weak alpha transition to the Hg-206 ground state has been observed.*

## 2 Nuclear Data

$T_{1/2}(^{210}\text{Pb})$	:	22,3	(2)	a
$T_{1/2}(^{210}\text{Bi})$	:	5,013	(5)	d
$T_{1/2}(^{206}\text{Hg})$	:	8,15	(10)	min
$Q^-(^{210}\text{Pb})$	:	63,5	(5)	keV
$Q^\alpha(^{210}\text{Pb})$	:	3792	(20)	keV

### 2.1 $\alpha$ Transitions

	Energy keV	Probability $\times 100$	F
$\alpha_{0,0}$	3792 (20)	0,0000021 (4)	1



## 2.2 $\beta^-$ Transitions

	Energy keV	Probability $\times 100$	Nature	lg $ft$
$\beta_{0,1}^-$	17,0 (5)	85,0 (27)	1st Forbidden	5,3
$\beta_{0,0}^-$	63,5 (5)	15,0 (27)	1st Forbidden	7,8

## 2.3 Gamma Transitions and Internal Conversion Coefficients

	Energy keV	$P_{\gamma+ce}$ $\times 100$	Multipolarity	$\alpha_L$	$\alpha_M$	$\alpha_N$	$\alpha_O$	$\alpha_T$
$\gamma_{1,0}(\text{Bi})$	46,539 (1)	85,0 (27)	M1	14,44 (43)	3,41 (10)	0,196 (6)	0,890 (27)	19,0 (6)

## 3 Atomic Data

### 3.1 Bi

$\omega_K$	:	0,964	(4)
$\bar{\omega}_L$	:	0,391	(16)
$\bar{\omega}_M$	:	0,0365	(20)
$n_{KL}$	:	0,809	(5)
$\bar{n}_{LM}$	:	1,29	(4)

#### 3.1.1 X Radiations

	Energy keV	Relative probability	
$X_K$	$K\alpha_2$	74,8157	
	$K\alpha_1$	77,1088	
	$K\beta_3$	86,835	}
	$K\beta_1$	87,344	
	$K\beta_5''$	87,862	}
	$K\beta_2$	89,732	}
	$K\beta_4$	90,074	
	$KO_{2,3}$	90,421	
	$X_L$	$L\ell$	9,42
$L\alpha$		10,73 – 10,84	
$L\eta$		11,71	
$L\beta$		12,48 – 13,8	
$L\gamma$		14,77 – 16,38	

**3.1.2 Auger Electrons**

	Energy keV	Relative probability
Auger L	5,3 – 10,7	

**4  $\alpha$  Emissions**

	Energy keV	Probability $\times 100$
$\alpha_{0,0}$	3720 (20)	0,0000021 (4)

**5 Electron Emissions**

		Energy keV	Electrons per 100 disint.
e <sub>AL</sub>	(Bi)	5,3 - 10,7	38,1 (14)
e <sub>AK</sub>	(Bi)		
ec <sub>1,0 L</sub>	(Bi)	30,15 - 33,12	61 (2)
ec <sub>1,0 M</sub>	(Bi)	42,54 - 43,96	14,49 (46)
ec <sub>1,0 N</sub>	(Bi)	45,60 - 46,38	3,78 (12)
ec <sub>1,0 O</sub>	(Bi)	46,38 - 46,51	0,833 (27)
$\beta_{0,1}^-$	max:	17,0 (5)	85,0 (27)
$\beta_{0,1}^-$	avg:	4,1 (2)	
$\beta_{0,0}^-$	max:	63,5 (5)	15,0 (27)
$\beta_{0,0}^-$	avg:	16,1 (2)	

## 6 Photon Emissions

### 6.1 X-Ray Emissions

	Energy keV	Photons per 100 disint.
XL (Bi)	9,42 — 16,38	23,2 (6)

### 6.2 Gamma Emissions

	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{1,0}(\text{Bi})$	46,539 (1)	4,25 (5)

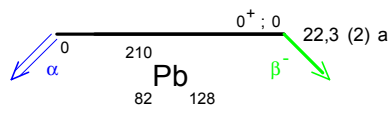
## 7 Main Production Modes

Ra – 226 daughter

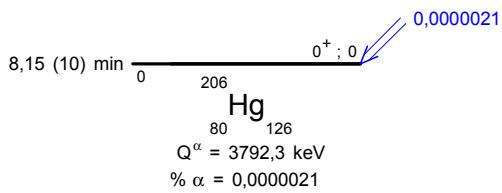
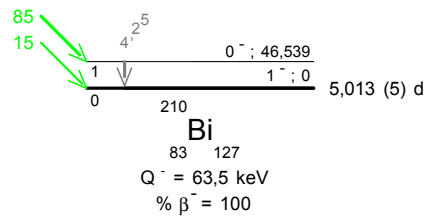
## 8 References

- P.E.DAMON, R.R EDWARDS. Phys. Rev. 93 (1954) 1698  
(Gamma-ray emission probabilities)
- K.SMITH. Nucleonics 12 (1954) 46  
(Spin and Parity)
- G.E.LEE-WHITING. Phys. Rev. 97 (1955) 463  
(Spin and Parity)
- J.ROBERT, L.TOBAILEM. J. Phys. Radium 17 (1956) 440  
(Half-life)
- R.W.FINK. Phys. Rev. 106 (1957) 266  
(Gamma-ray emission probabilities)
- I.Y.KRAUSE. Z. Phys. 152 (1958) 586  
(Gamma-ray emission probabilities L ICC)
- J.TOUSSET, A.MOUSSA. J. Phys. Radium 19 (1958) 39  
(Beta emission probabilities)
- W.STANNERS, M.A.S ROSS. Proc. Phys.Soc. 69A (1958) 836  
(Beta emission probabilities)
- M.NURMIA, P.KAURANEN, M.KARTRAS, A.SIIVOLA, A.ISOLA, G.GRAEFFE, A. LYYJYNEN. Nature 29 (1961) 427  
(Alpha emission probabilities)
- P.KAURANEN. Ann. Acad. Sci. Fenn. 96A (1962)  
(Alpha emission probabilities)

- VON G.K.WOLF, F.LUX, H.J BORN. Radiochim. Acta 3 (1964) 206  
(Alpha emission probabilities)
- G.K.WOLF. Nucl. Phys. A116 (1968) 387  
(Half-life)
- A.HOHNDORF. Z. Naturforsch 24a (1969) 612  
(Half-life)
- R.J.GEHRKE, R.A LOKKEN. Nucl. Instrum. Methods 97 (1971) 219  
(X-ray emission probabilities Gamma-ray emission probabilities L ICC)
- F.ROSEL, H.M.FRIES, K.ALDER, H.C.PAULI. At. Data. Nucl. Data Tables 21 (1978) 92  
(Theoretical ICC)
- R.G.HELMER, A.J CAFFREY, R.J GEHRKE, R.C GREENWOOD. Nucl. Instrum. Methods 188 (1981) 671  
(Gamma-ray energies)
- U.SCHÖTZIG. Nucl. Instrum. Methods A286 (1990) 523  
(Gamma-ray emission intensities)
- Y.HINO, Y.KAWADA. Nucl. Instrum. Methods A286 (1990) 543  
(Gamma-ray emission intensities)
- I.M.BAND, M.B.TRZHASKOVSKAYA. At. Data. Nucl. Data Tables 88,1 (2002)  
(Theoretical ICC)



$\gamma$  Emission probabilities  
per 100 disintegrations



# X-ray and Gamma Emissions

All uncertainties are given for one standard deviation

## Ra226D

ENERGY keV	PHOTONS per DISINTEGRATION x 100		
9,18 — 15,84	0,00105 ± 0,00031	XL	Pb
9,42 — 16,36	36,0 ± 0,7	XL	Bi
9,657 — 16,213	0,557 ± 0,011	XL	Po
10,137 — 17,200	0,813 ± 0,017	XL	Rn
46,539 ± 0,001	4,31 ± 0,05	γ	Bi 210 *
53,228 ± 0,021	1,07 ± 0,01	γ	Bi 214 *
62,5 ± 3,1	0,0116 ± 0,0007	γ	Tl 210 *
74,816	6,31 ± 0,13	XKα2	Bi
76,864	0,40 ± 0,01	XKα2	Po
77,109	10,55 ± 0,20	XKα1	Bi
79,293	0,67 ± 0,01	XKα1	Po
81,07	0,091 ± 0,007	XKα2	Rn
83,78	0,315 ± 0,011	XKα1	Rn
87,347	3,61 ± 0,09	XK'β1	Bi
89,806	0,236 ± 0,015	XK'β1	Po
90,076	1,11 ± 0,04	XK'β2	Bi
92,643	0,074 ± 0,005	XK'β2	Po
94,855	0,109 ± 0,004	XK'β1	Rn
97,897	0,0349 ± 0,0014	XK'β2	Rn
186,211 ± 0,013	3,533 ± 0,011	γ	Rn 222
191,1 ± 3,1	0,00125 ± 0,00007	γ	Tl 210 *
205,6 ± 0,1	0,015	γ	Bi 214 *
238,48 ± 0,10	0,015	γ	Bi 214 *
241,997 ± 0,003	7,197 ± 0,018	γ	Bi 214 *
258,87 ± 0,06	0,53 ± 0,04	γ	Bi 214 *
262,27 ± 0,05	0,0054 ± 0,0013	γ	Rn 222
273,7 ± 0,3	0,18 ± 0,03	γ	Po 214 *
274,7 ± 0,2	0,41 ± 0,06	γ	Bi 214 *
280,92 ± 0,10	0,08 ± 0,02	γ	Po 214 *
295,224 ± 0,002	18,29 ± 0,04	γ	Bi 214 *
298 ± 1	0,0160 ± 0,0013	γ	Pb 210 *
298,7 ± 0,1	0,02	γ	Bi 214 *
304,35 ± 0,15	0,08 ± 0,02	γ	Po 214 *
305,4 ± 0,5	0,023 ± 0,002	γ	Bi 214 *
314,2 ± 0,4	0,07 ± 0,02	γ	Bi 214 *

# X-ray and Gamma Emissions

All uncertainties are given for one standard deviation

## Ra226D

ENERGY keV	PHOTONS per DISINTEGRATION x 100		
324,3 ± 0,5	0,02 ± 0,01	γ	Bi 214 *
333,7 ± 0,3	0,06 ± 0,02	γ	Po 214 *
334,9 ± 0,2	0,030 ± 0,015	γ	Po 214 *
351,932 ± 0,002	35,35 ± 0,07	γ	Bi 214 *
386,77 ± 0,05	0,294 ± 0,002	γ	Po 214 *
388,88 ± 0,05	0,399 ± 0,004	γ	Po 214 *
394,0 ± 0,2	0,008 ± 0,003	γ	Po 214 *
396,03 ± 0,09	0,031 ± 0,006	γ	Po 214 *
405,75 ± 0,03	0,16 ± 0,01	γ	Po 214 *
439,8 ± 0,4	0,03 ± 0,01	γ	Po 214 *
454,77 ± 0,12	0,287 ± 0,002	γ	Po 214 *
462,1 ± 0,2	0,17 ± 0,02	γ	Bi 214 *
469,73 ± 0,10	0,13 ± 0,01	γ	Po 214 *
469,9 ± 0,2	0,010 ± 0,004	γ	Bi 214 *
474,4 ± 0,1	0,112 ± 0,016	γ	Po 214 *
480,46 ± 0,08	0,335 ± 0,005	γ	Bi 214 *
487,13 ± 0,06	0,430 ± 0,003	γ	Bi 214 *
494,35 ± 0,20	0,008	γ	Po 214 *
502,02 ± 0,30	0,016 ± 0,003	γ	Po 214 *
512 ± 1	0,078	γ	Po 218 *
520,1 ± 0,2	0,005 ± 0,002	γ	Po 214 *
524,7 ± 0,2	0,014 ± 0,005	γ	Po 214 *
533,75 ± 0,07	0,19 ± 0,01	γ	Bi 214 *
537,01 ± 0,12	0,053 ± 0,009	γ	Po 214 *
538,7 ± 0,4	0,005 ± 0,005	γ	Bi 214 *
543,31 ± 0,08	0,086 ± 0,009	γ	Po 214 *
543,9 ± 0,4	0,023 ± 0,007	γ	Bi 214 *
547,08 ± 0,20	0,029 ± 0,006	γ	Po 214 *
572,79 ± 0,12	0,073 ± 0,011	γ	Po 214 *
580,26 ± 0,07	0,368 ± 0,004	γ	Bi 214 *
595,4 ± 0,3	0,01	γ	Po 214 *
609,316 ± 0,003	45,2 ± 0,3	γ	Po 214 *
615,74 ± 0,04	0,08 ± 0,02	γ	Po 214 *
617,05 ± 0,20	0,035 ± 0,012	γ	Po 214 *
626,75 ± 0,30	0,005	γ	Po 214 *

# X-ray and Gamma Emissions

All uncertainties are given for one standard deviation

## Ra226D

ENERGY keV	PHOTONS per DISINTEGRATION x 100		
630,98 ± 0,15	0,017 ± 0,006	γ	Po 214 *
633,20 ± 0,08	0,06 ± 0,01	γ	Po 214 *
639,57 ± 0,11	0,031 ± 0,005	γ	Po 214 *
649,22 ± 0,06	0,056 ± 0,004	γ	Po 214 *
660,9 ± 0,3	0,043 ± 0,017	γ	Po 214 *
665,453 ± 0,022	1,520 ± 0,006	γ	Po 214 *
683,13 ± 0,10	0,076 ± 0,009	γ	Po 214 *
687,6 ± 0,3	0,006 ± 0,003	γ	Po 214 *
693,3 ± 0,5	0,006 ± 0,003	γ	Po 214 *
697,80 ± 0,09	0,05 ± 0,02	γ	Po 214 *
703,11 ± 0,04	0,51 ± 0,03	γ	Po 214 *
710,7 ± 0,2	0,068 ± 0,002	γ	Po 214 *
719,86 ± 0,02	0,41 ± 0,02	γ	Po 214 *
723,06 ± 0,16	0,041 ± 0,020	γ	Po 214 *
727,5 ± 0,6	0,033 ± 0,008	γ	Po 214 *
733,76 ± 0,08	0,040 ± 0,005	γ	Po 214 *
741,0 ± 0,5	0,039	γ	Po 214 *
752,84 ± 0,03	0,132 ± 0,009	γ	Po 214 *
766,0 ± 0,2	0,08 ± 0,02	γ	Bi 214 *
768,367 ± 0,011	4,851 ± 0,013	γ	Po 214 *
785,91 ± 0,03	0,89 ± 0,08	γ	Bi 214 *
786,1 ± 0,4	0,23 ± 0,08	γ	Po 214 *
799,7 ± 0,1	0,0348 ± 0,0040	γ	Pb 210 *
799,76 ± 0,15	0,037 ± 0,007	γ	Po 214 *
803,10 ± 0,05	0,001085 ± 0,000021	γ	Pb 206 *
806,185 ± 0,011	1,252 ± 0,008	γ	Po 214 *
815,13 ± 0,14	0,045 ± 0,010	γ	Po 214 *
821,180 ± 0,003	0,150 ± 0,005	γ	Po 214 *
826,13 ± 0,03	0,11 ± 0,02	γ	Po 214 *
832,35 ± 0,14	0,025 ± 0,005	γ	Po 214 *
837 ± 2	0,0011 ± 0,0011	γ	Pb 214 *
839,04 ± 0,09	0,59 ± 0,02	γ	Bi 214 *
847,1 ± 0,2	0,016 ± 0,006	γ	Po 214 *
860 ± 30	0,00147 ± 0,00042	γ	Pb 210 *
904,28 ± 0,14	0,10 ± 0,03	γ	Po 214 *



# X-ray and Gamma Emissions

All uncertainties are given for one standard deviation

## Ra226D

ENERGY keV	PHOTONS per DISINTEGRATION x 100		
915,7 ± 0,2	0,021 ± 0,005	γ	Po 214 *
934,060 ± 0,012	3,07 ± 0,04	γ	Po 214 *
943,3 ± 0,2	0,017 ± 0,005	γ	Po 214 *
964,08 ± 0,03	0,373 ± 0,014	γ	Po 214 *
976,18 ± 0,10	0,023 ± 0,012	γ	Po 214 *
989,08 ± 0,31	0,011 ± 0,005	γ	Po 214 *
1013,4 ± 1,0	0,009 ± 0,006	γ	Po 214 *
1020,5 ± 0,6	0,010 ± 0,006	γ	Po 214 *
1032,37 ± 0,08	0,099 ± 0,020	γ	Po 214 *
1038,0 ± 0,6	0,016 ± 0,007	γ	Po 214 *
1045,4 ± 0,6	0,028 ± 0,005	γ	Po 214 *
1051,96 ± 0,03	0,321 ± 0,016	γ	Po 214 *
1060 ± 20	0,0025 ± 0,0010	γ	Pb 210 *
1066,9 ± 0,8	0,028 ± 0,010	γ	Po 214 *
1069,96 ± 0,07	0,288 ± 0,021	γ	Po 214 *
1103,7 ± 0,3	0,09 ± 0,05	γ	Po 214 *
1104,17 ± 0,04	0,19 ± 0,01	γ	Po 214 *
1110 ± 20	0,00147 ± 0,00042	γ	Pb 210 *
1120,287 ± 0,010	14,79 ± 0,04	γ	Po 214 *
1130,8 ± 0,4	0,045 ± 0,010	γ	Po 214 *
1133,66 ± 0,03	0,260 ± 0,018	γ	Po 214 *
1155,10 ± 0,02	1,624 ± 0,007	γ	Po 214 *
1173,03 ± 0,09	0,05 ± 0,02	γ	Po 214 *
1207,68 ± 0,03	0,479 ± 0,027	γ	Po 214 *
1210 ± 20	0,0036 ± 0,0008	γ	Pb 210 *
1226,8 ± 0,6	0,03 ± 0,01	γ	Po 214 *
1230,5 ± 1,0	0,022	γ	Po 214 *
1238,110 ± 0,012	5,791 ± 0,013	γ	Po 214 *
1280,96 ± 0,02	1,426 ± 0,006	γ	Po 214 *
1303,74 ± 0,06	0,11 ± 0,01	γ	Po 214 *
1310 ± 20	0,0044 ± 0,0010	γ	Pb 210 *
1316,8 ± 0,1	0,08 ± 0,01	γ	Po 214 *
1330,0 ± 0,6	0,010 ± 0,005	γ	Po 214 *
1341,5 ± 0,3	0,021 ± 0,010	γ	Po 214 *
1350,6 ± 0,3	0,004 ± 0,002	γ	Po 214 *

# X-ray and Gamma Emissions

All uncertainties are given for one standard deviation

## Ra226D

ENERGY keV	PHOTONS per DISINTEGRATION x 100		
1377,669 ± 0,012	3,958 ± 0,015	γ	Po 214 *
1385,315 ± 0,030	0,787 ± 0,007	γ	Po 214 *
1392,5 ± 0,4	0,018 ± 0,008	γ	Po 214 *
1401,516 ± 0,014	1,322 ± 0,009	γ	Po 214 *
1407,993 ± 0,007	2,369 ± 0,007	γ	Po 214 *
1410 ± 20	0,00105 ± 0,00042	γ	Pb 210 *
1419,7 ± 0,6	0,004 ± 0,001	γ	Po 214 *
1471,1 ± 0,6	0,0012	γ	Po 214 *
1479,27 ± 0,11	0,06 ± 0,01	γ	Po 214 *
1509,217 ± 0,008	2,104 ± 0,013	γ	Po 214 *
1538,50 ± 0,06	0,452 ± 0,027	γ	Po 214 *
1543,32 ± 0,06	0,307 ± 0,013	γ	Po 214 *
1583,220 ± 0,018	0,704 ± 0,007	γ	Po 214 *
1594,73 ± 0,07	0,303 ± 0,023	γ	Po 214 *
1599,31 ± 0,06	0,343 ± 0,027	γ	Po 214 *
1636,6 ± 0,4	0,018 ± 0,008	γ	Po 214 *
1657,4 ± 0,6	0,073 ± 0,032	γ	Po 214 *
1661,316 ± 0,013	1,08 ± 0,04	γ	Po 214 *
1684,024 ± 0,018	0,23 ± 0,01	γ	Po 214 *
1729,64 ± 0,01	2,822 ± 0,019	γ	Po 214 *
1764,539 ± 0,015	15,19 ± 0,04	γ	Po 214 *
1782,1 ± 1,0	0,015 ± 0,005	γ	Po 214 *
1813,7 ± 0,4	0,011 ± 0,004	γ	Po 214 *
1838,38 ± 0,10	0,37 ± 0,05	γ	Po 214 *
1847,420 ± 0,025	2,002 ± 0,011	γ	Po 214 *
1873,17 ± 0,06	0,22 ± 0,01	γ	Po 214 *
1890,36 ± 0,12	0,11 ± 0,02	γ	Po 214 *
1896,4 ± 0,2	0,18 ± 0,02	γ	Po 214 *
1898,7 ± 0,4	0,063 ± 0,023	γ	Po 214 *
1936,0 ± 0,4	0,051 ± 0,023	γ	Po 214 *
1994,7 ± 1,5	0,005 ± 0,003	γ	Po 214 *
2004,5 ± 1,0	0,003	γ	Po 214 *
2010 ± 30	0,00147 ± 0,00042	γ	Pb 210 *
2010,77 ± 0,14	0,049 ± 0,009	γ	Po 214 *
2021,7 ± 0,3	0,02 ± 0,01	γ	Po 214 *

# X-ray and Gamma Emissions

All uncertainties are given for one standard deviation

## Ra226D

ENERGY keV	PHOTONS per DISINTEGRATION x 100		
2052,98 ± 0,12	0,068 ± 0,010	γ	Po 214 *
2085,0 ± 0,5	0,010 ± 0,003	γ	Po 214 *
2089,57 ± 0,13	0,05 ± 0,01	γ	Po 214 *
2090 ± 30	0,00105 ± 0,00042	γ	Pb 210 *
2109,98 ± 0,10	0,086 ± 0,006	γ	Po 214 *
2118,536 ± 0,008	1,15 ± 0,01	γ	Po 214 *
2147,7 ± 0,3	0,016 ± 0,004	γ	Po 214 *
2176,8 ± 0,6	0,004	γ	Po 214 *
2192,6 ± 0,2	0,042 ± 0,010	γ	Po 214 *
2204,071 ± 0,021	4,899 ± 0,036	γ	Po 214 *
2251,2 ± 0,4	0,006 ± 0,003	γ	Po 214 *
2259,8 ± 0,4	0,006 ± 0,002	γ	Po 214 *
2266,6 ± 0,3	0,017 ± 0,002	γ	Po 214 *
2270,7 ± 0,4	0,003	γ	Po 214 *
2284,4 ± 0,7	0,005 ± 0,001	γ	Po 214 *
2293,338 ± 0,020	0,305 ± 0,004	γ	Po 214 *
2312,2 ± 0,4	0,012 ± 0,003	γ	Po 214 *
2324,8 ± 1,0	0,002 ± 0,001	γ	Po 214 *
2331,3 ± 0,2	0,021 ± 0,003	γ	Po 214 *
2360 ± 30	0,0017 ± 0,0006	γ	Pb 210 *
2360,9 ± 0,6	0,002 ± 0,001	γ	Po 214 *
2369,3 ± 0,6	0,003	γ	Po 214 *
2377,0 ± 0,2	0,009 ± 0,003	γ	Po 214 *
2390,9 ± 0,6	0,002 ± 0,001	γ	Po 214 *
2423,6 ± 0,1	0,006 ± 0,002	γ	Po 214 *
2430 ± 30	0,0019 ± 0,0006	γ	Pb 210 *
2447,673 ± 0,010	1,539 ± 0,013	γ	Po 214 *
2482,8 ± 0,4	0,002 ± 0,001	γ	Po 214 *
2505,6 ± 0,2	0,006 ± 0,001	γ	Po 214 *
2551 ± 1	0,0004	γ	Po 214 *
2605 ± 10	0,0004 ± 0,0001	γ	Po 214 *
2630,9 ± 0,5	0,0008 ± 0,0005	γ	Po 214 *
2662 ± 1	0,0003 ± 0,0001	γ	Po 214 *
2694,8 ± 0,2	0,031 ± 0,003	γ	Po 214 *
2699,4 ± 0,2	0,005 ± 0,002	γ	Po 214 *

# X-ray and Gamma Emissions

All uncertainties are given for one standard deviation

## Ra226D

ENERGY keV	PHOTONS per DISINTEGRATION x 100		
2719,4 ± 0,3	0,0015 ± 0,0005	γ	Po 214 *
2770,0 ± 0,2	0,024 ± 0,004	γ	Po 214 *
2786,1 ± 0,2	0,0055 ± 0,0005	γ	Po 214 *
2827,0 ± 0,3	0,003 ± 0,001	γ	Po 214 *
2860,9 ± 0,8	0,0003 ± 0,0002	γ	Po 214 *
2880,4 ± 0,3	0,009 ± 0,001	γ	Po 214 *
2893,5 ± 0,2	0,0058 ± 0,0002	γ	Po 214 *
2922,0 ± 0,2	0,014 ± 0,002	γ	Po 214 *
2928,7 ± 0,8	0,0012 ± 0,0006	γ	Po 214 *
2934,9 ± 0,8	0,0006 ± 0,0003	γ	Po 214 *
2940 ± 1	0,0015 ± 0,0005	γ	Po 214 *
2978,9 ± 0,2	0,014 ± 0,003	γ	Po 214 *
2988,7 ± 1,0	0,0010 ± 0,0003	γ	Po 214 *
3000,0 ± 0,2	0,010 ± 0,001	γ	Po 214 *
3053,8 ± 0,2	0,021 ± 0,002	γ	Po 214 *
3081,7 ± 0,2	0,0043 ± 0,0010	γ	Po 214 *
3093,9 ± 0,8	0,0005 ± 0,0002	γ	Po 214 *
3136 ± 10	0,0003 ± 0,0001	γ	Po 214 *
3142,6 ± 0,4	0,0014 ± 0,0004	γ	Po 214 *
3160,5 ± 0,7	0,0005 ± 0,0002	γ	Po 214 *
3183,6 ± 0,4	0,0015 ± 0,0002	γ	Po 214 *
3233,3	0,0002	γ	Po 214 *
3269,7	0,0001	γ	Po 214 *

7 August 2002

## Comments on Evaluation of the $\gamma$ -ray Emission Probabilities for $^{226}\text{Ra}$ Decay Chain

by R. G. Helmer

### Introduction

The properties of the individual nuclides in the  $^{226}\text{Ra}$  decay chain have not been evaluated. The only data considered are the relative and absolute  $\gamma$ -ray emission probabilities for the chain as a whole. The  $^{210}\text{Pb}$  daughter has a half-life of 22 years, so it and the subsequent daughter nuclides have not been included since they are often not in equilibrium. The first daughter is  $^{222}\text{Rn}$  (3.8 d), so the sample must be sealed to prevent escape of this gas.

The available data have been collected in Table 1 for absolute emission probabilities and Table 2 for relative probabilities. The weighted average values from the two tables are then averaged in Table 3. In Tables 1 and 2 the details from the averaging process are shown to indicate (1) the consistency of the values, (2) any input value that dominates the average, and (3) any value that deviates significantly from the average.

Although some data is included in Tables 1 and 2 for the components of multiple peaks, no average values have been computed in these cases. Since the ability to use these lines depends on the resolution of the detector system, it is felt that they are not particularly useful.

One weakness of the set of data used here is that it includes one unpublished reference (2002Mo), but it is expected to be submitted for publication in the reasonable future. The measurements in 1998Mo14 are for a  $^{222}\text{Rn}$  sample, so it has no data for the 186-keV line from  $^{226}\text{Ra}$ .

### Averaging

The LWEIGHT program was used for all of the calculations of the weighted averages. In this code a set of values is considered discrepant if the reduced- $\chi^2$  value is more than a critical value which depends on the number of values,  $n$ , in the set. These critical values are: for  $n=2$ , 6.60;  $n=3$ , 4.60;  $n=4$ , 3.80;  $n=5$ , 3.30, and  $n=6$ , 3.00.

In the tables below, in all cases the internal uncertainty in the average is given and if the reduced- $\chi^2$  value is more than 1.0, the external uncertainty is also given. If, in the initial average calculation the reduced- $\chi^2$  value is greater than the critical value and the relative weight of one input value is greater than 50%, the LWEIGHT code increases the uncertainty of that value to reduce the relative weight to 50%. In this case, the code may also give an expanded uncertainty denoted  $\sigma_{\text{LWM}}$ . In this evaluation the external uncertainty is used if it is given, otherwise the internal uncertainty is used. In those cases where the increase in the input uncertainty has changed the reduced- $\chi^2$  value, it is given for both the initial average calculation and the final calculation.

The cases where LWEIGHT has increased the uncertainty for any input value are as follows: for data

in Table 1, this happens only for the 1408-keV  $\gamma$  ray for 1998Mo14 and for data in Table 2, small increases occur at 186 keV for 1998Mo14, 1764 for 2002Mo, and 2204 for 2002De03.

The average relative probabilities from Table 2 have been scaled by 0.4516 to convert them to absolute values and entered as input in Table 3. In Table 3, all of the averages are dominated by the relative probability values. Generally, the lines with probabilities that are less than 1% of that of the 609-keV line have been omitted from this table.

### $\gamma$ -ray energies

The  $\gamma$ -ray energies are from three sources, namely, 1979He13 after adjusting the reference energies to the newer energy scale discussed in 2000He14, 1995EL07, and 2002Mo as noted in Table 3.

### Recommended values

Only in those cases where the reduced- $\chi^2$  value is greater than the critical value has the evaluator considered omitting an input value from the analysis. This situation occurs in Table 1 for the  $\gamma$  rays of 295, 351, and 1408 keV and in Table 2 for 186, 295, 351, 1729, and 2204 keV. For the data in Table 1, the conflict is between the values of 1991Li1 and 1998Mo14 with the latter article giving lower values below the 609-keV line and a higher value above it. That is, the slopes of their efficiency curves differ. The values from the other articles are generally between the values from these two articles. No value is omitted. For the data in Table 2, the values from 1990Mo were very discrepant from the average. Deletion of the data of 1990Mo produced reductions of the reduced- $\chi^2$  value for the 186-keV  $\gamma$  ray from 36 to 0.76, for 295 keV from 5.4 to 0.54, for 351 from 7.9 to 0.29, and for 1729 from 17 to 1.27. Therefore, all of the data from 1990Mo have been excluded from the final averages.

In Table 3 only lines with three or more measured values were included; this eliminated those at 1051 and 1207 keV. The lines that are components of multiplets were omitted; these include those at 274, 387, 389, 785, and 786 keV. Then, lines with emission probabilities that are less than 1% of that of the line at 609 keV were omitted; these are those at 455, 480, 487, 580, 719, 964, 1051, 1069, 1538, 1543, 1594, and 1599. The weak line at 2293 keV was retained since it is at a high energy where it may be especially useful.

The recommended emission probabilities values are the weighted averages in Table 3.

## References

- 1969Li11 - E. W. A. Lingeman, J. Konijn, P. Polak, A. H. Wapstra, Nucl. Phys. A133 (1969) 630
- 1975Ha31 - M. A. Hachem, C. R. Acad. Sc. Paris 281 (1975) Series B 45
- 1979He13 - R. G. Helmer, R. J. Gehrke, R. C. Greenwood, Nucl. Instr. & Meth. 166 (1970) 547
- 1982Ak03, H. Akçay, G. Mouze, D. Maillard, Ch. Ythier, Radiochem. Radioanal. Lett. 51 (1982) 1
- 1983Ol01 - D. G. Olson, Nucl. Instr. & Meth. 206 (1983) 313
- 1983Sc13 - U. Schötzig, K. Debertin, Intern. J. Appl. Radiat. & Isot. 43 (1983) 533
- 1989Si17 - B. Singh, A. R. Farhan, H. W. Taylor, Z. Phys. A 334 (1989) 33
- 1990Mo - G. Mouze, C. Ythier, J. F. Comanducci, Rev. Roum. Phys. 35 (1990) 337 as quoted in 2000Sa32.
- 1991Li11 - W.-J. Lin, G. Harbottle, J. Radioanal. & Nucl. Chem. Lett. 153 (1991) 137
- 1995El07- Y. A. Akovali, Nucl. Data Shetts 75 (1995) 127
- 1998Mo14 - J. Morel, M. Etcheverry, J. L. Picolo, Appl. Radiat. & Isot. 49 (1998) 1387
- 2000He14 - R. G. Helmer, C. van der Leun, Nucl. Instr. & Meth. A 450 (2000) 35
- 2000Sa32 - D. Sardari, T. D. MacMahon, J. Radioanal. & Nucl. Chem. 244 (2000) 463
- 2002De03 J. U. Delgado, J. Morel, M. Etcheverry, Appl. Radiat. & Isot. 56 (2002) 137
- 2002Mo - G. L. Molnár, private communication

Table 1. Averaging of absolute gamma-ray emission probabilities

Energy (keV)	Origin	1969Li11	1983O101	1983Sc13	1991Li11	1998Mo14	Weighted average	$\sigma_{\text{int}} / \sigma_{\text{ext}} / \sigma_{\text{LWM}}$	reduced $-\chi^2$	rel. wt. >70%	$\chi^2_i > 1.0$
46.54	<sup>210</sup> Pb			4.24 (19)							
53.26	<sup>214</sup> Pb			1.11 (5)							
186	<sup>226</sup> Ra		3.50 (5)	3.51 (6)	3.59 (6)		3.53	0.03	0.74		
242.0	<sup>214</sup> Pb	7.8 (8)	7.50 (12)	7.12 (11)	7.43 (11)	7.05 (9)	7.26	0.05/0.09	3.01		83O1
258.8	<sup>214</sup> Pb	0.6 (1)			0.524 (11)	0.524 (13)	0.535	0.008	0.77		
273.7+ 274.7+ 274.7	<sup>214</sup> Bi <sup>214</sup> Pb <sup>214</sup> Pb	0.08 (4) + 0.5 (1)			0.474 (11)	0.459 (13) +0.328 (20)					
295.2	<sup>214</sup> Pb	19.4 (20)	18.6 (3)	18.2 (3)	19.3 (2)	17.90 (23)	18.60	0.12/0.30/0.7	5.9		91Li, 97Mo
351.9	<sup>214</sup> Pb	36.3 (40)	35.8 (5)	35.1 (4)	37.6 (4)	34.7 (4)	35.80	0.21/0.58/1.8	7.7		91Li, 97Mo
387.0+ 389.0+ 389.0	<sup>214</sup> Bi <sup>214</sup> Bi <sup>214</sup> Bi	0.31 (12) + 0.37 (12)			0.417 (26)	0.677 (14) + 0.403 (14)					
455.0	<sup>214</sup> Bi	0.28 (5)				0.294 (16)	0.293	0.015	0.07	97Mo	
480.5	<sup>214</sup> Pb	0.30 (7)			0.320 (11)	0.337 (17)	0.325	0.009	0.42		
487.1	<sup>214</sup> Pb	0.35 (8)			0.422 (16)	0.431 (19)	0.424	0.012	0.50		
580.3	<sup>214</sup> Pb	0.32 (6)			0.352 (14)	0.375 (17)	0.360	0.011	0.77		
609.3	<sup>214</sup> Bi	42.8 (40)	45.0 (7)	44.6 (5)	46.1 (5)	44.8 (6)	45.16	0.28/0.33	1.39		
665.4	<sup>214</sup> Bi	1.4 (2)			1.46 (3)	1.530 (29)	1.495	0.021/0.026	1.52		



768.4	<sup>214</sup> Bi			4.76 (7)	4.94 (6)	4.85 (8)	4.86	0.04/0.05	1.92		83Sc
785.8+ 785.9	<sup>214</sup> Bi <sup>214</sup> Pb	1.05 (15) + 0.29 (8)		1.04 (2)	1.09 (2)	1.073 (37)					
806.2	<sup>214</sup> Bi	1.1 (2)			1.22 (2)	1.260 (29)	1.232	0.016	0.86		
934.1	<sup>214</sup> Bi	3.1 (3)		3.07 (4)	3.03 (4)	3.053 (47)	3.051	0.024	0.18		
1120.3	<sup>214</sup> Bi	15.0 (15)	14.89 (21)	14.7 (2)	15.1 (2)	14.81 (21)	14.88	0.10	0.53		
1155.2	<sup>214</sup> Bi	1.7 (2)			1.63 (2)	1.618 (39)	1.628	0.018	0.10		
1238.1	<sup>214</sup> Bi	6.1 (6)	5.92 (8)	5.78 (7)	5.79 (8)	5.81 (8)	5.82	0.04	0.56		
1281.0	<sup>214</sup> Bi	1.5 (2)			1.43 (2)	1.431 (44)	1.431	0.018	0.06		
1377.7	<sup>214</sup> Bi	4.3 (5)			4.00 (6)	3.99 (7)	4.00	0.05	0.19		
1385.3	<sup>214</sup> Bi	0.80 (15)			0.757 (18)	0.814 (30)	0.772	0.015/0.018	1.34		
1401.5	<sup>214</sup> Bi	1.5 (2)			1.27 (2)	1.328 (38)	1.284	0.018/0.022	1.50		
1408.0	<sup>214</sup> Bi	2.6 (3)			2.15 (6)	2.412 (47)	2.29	0.04/0.10/0.12	6.36/ 5.41		91Li, 97Mo
1509.2	<sup>214</sup> Bi	2.2 (2)		2.08 (5)	2.11 (4)	2.128 (62)	2.106	0.028	0.21		
1661.3	<sup>214</sup> Bi	1.16 (12)			1.15 (3)	1.064 (44)	1.124	0.024/0.028	1.35		
1729.6	<sup>214</sup> Bi	3.2 (4) <sup>a</sup>			2.92 (4)	2.811 (59)	2.89	0.03/0.04	1.48		
1764.5	<sup>214</sup> Bi	16.7 (16)	15.35 (21)	15.1 (3)	15.4 (2)	15.20 (23)	15.30	0.11	0.43		
1847.4	<sup>214</sup> Bi	2.3 (3)				2.022 (44)	2.03	0.04	0.85	97Mo	
2118.5	<sup>214</sup> Bi	1.30 (15)		1.17 (3)		1.142 (31)	1.159	0.021	0.66		
2204.1	<sup>214</sup> Bi	5.3 (5)		4.98 (12)		4.88 (9)	4.92	0.07	0.51		
2447.7	<sup>214</sup> Bi			1.55 (4)		1.548 (33)	1.549	0.025	0.00		

<sup>a</sup> Article has 0.04, but that is not reasonable.

Table 2. Relative  $\gamma$ -ray intensities for lines 0.5% of 609 or more

		1975Ha3 1	1982Ak0 3	1990Mo	2000Sa32	2002De03	Molnar pc	wtd avg with 90Mo	reduc ed- $\chi^2$ with 90Mo	wtd avg	$\sigma_{\text{int}}$ / $\sigma_{\text{ex}}$ / $\sqrt{\sigma_{\text{LWM}}}$	reduced - $\chi^2$	rel. wt. >70%	$\chi^2_i$ >1.0
53.2						2.329 (23)	2.384 (20)							
186.1	<sup>226</sup> Ra	8.7 (11)	9.2 (10)	8.58 (5)	7.6 (8)	7.812 (31)	7.85 (5)	8.01(14)	36/36	7.824	0.026	0.76	02De	
241.98	<sup>214</sup> Pb	17.5 (17)	16.1 (24)	16.23 (10)	16.1 (10)	15.90 (5)	15.98 (6)	15.97 (4)	1.91	15.93	0.04	0.48		
258.79	<sup>214</sup> Pb	1.24 (12)	1.17 (15)	1.23 (6)	1.15 (4)	1.171 (9)		1.172 (9)	0.39	1.170	0.009	0.20	02De	
274.53	<sup>214</sup> Pb	0.71 (7)	0.86 (16)	0.84 (6)	0.83 (8)	0.787 (23)								
295.21	<sup>214</sup> Pb	40 (4)	42 (5)	41.85 (26)	40.8 (12)	40.36 (12)	40.61 (13)	40.62 (19)	5.44	40.48	0.09	0.54		
351.92	<sup>214</sup> Pb	86 (9)	82 (11)	81.5 (5)	78.5 (24)	78.16 (23)	78.34 (23)	78.6 (4)	7.86	78.25	0.16	0.29		
387	<sup>214</sup> Bi	0.64 (7)	0.64 (10)	0.63 (5)	0.70 (15)	0.651 (12)								
389.1	<sup>214</sup> Bi	0.83 (7)	0.87 (12)	0.85 (1)	0.86 (4)	0.888 (14)								
454.77	<sup>214</sup> Bi	0.64 (7)	0.67 (8)	0.64 (3)	0.59 (3)	0.640 (12)		0.635 (10)	0.66	0.634	0.011	0.87	02De	
480.42	<sup>214</sup> Pb	0.73 (7)	0.75 (10)	0.71 (5)	0.74 (3)	0.749 (9)		0.747 (8)	0.18	0.748	0.009	0.05	02De	
487.08	<sup>214</sup> Pb	0.88 (10)	0.88 (11)	0.83 (7)	0.90 (5)	0.961 (12)		0.952 (13)	1.41	0.956	0.012	0.83	02De	

580.15	<sup>214</sup> Pb	0.80 (7)	0.79 (11)	0.76 (6)	0.74 (4)	0.823 (11)		0.815 (11)	1.25	0.817	0.010/ 0.012	1.37	02De	00Sa
609.31	<sup>214</sup> Bi							= 100.0						
665.45	<sup>214</sup> Bi	3.6 (4)	3.36 (37)	3.51 (20)	3.33 (10)	3.359 (17)	3.386 (21)	3.370 (13)	0.43	3.369	0.013	0.37		
703.11	<sup>214</sup> Bi	1.14 (12)	1.08 (15)	1.11 (7)	1.12 (8)			1.11 (5)	0.04	1.12	0.06	0.05		
719.86	<sup>214</sup> Bi	0.94 (12)	0.90 (13)	0.91 (8)	0.91 (3)			0.911 (27)	0.02	0.911	0.028	0.03	00Sa	
768.36	<sup>214</sup> Bi	11.4 (12)	11.9 (17)	10.91 (8)	10.39 (31)	10.66 (5)	10.768 (29)	10.754 (33)	1.94	10.74	0.025/ 0.29	1.38	02Mo	
785.19	<sup>214</sup> Bi	2.48 (25)	2.32 (33)	2.33 (17)	2.33 (7)									
786.1	<sup>214</sup> Bi				0.70 (10)									
806.17	<sup>214</sup> Bi	3.0 (4)	2.92(43)	2.90 (22)	2.76 (11)	2.788 (22)	2.777 (14)	2.779 (13)	017	2.779	0.013	0.13	02Mo	
839.03	<sup>214</sup> Pb	1.42 (14)	1.33 (19)	1.29 (10)	1.29 (4)			1.30 (4)	0.28	1.30	0.04	0.41	00Sa	
934.06	<sup>214</sup> Bi	7.3 (7)	7.0 (9)	6.88 (5)	6.70 (20)	6.783 (34)	6.834 (36)	6.820 (22)	0.73	6.806	0.025	0.47		
964.08	<sup>214</sup> Bi	0.85 (9)	0.82 (10)	0.80 (5)	0.80 (7)			0.819 (26)	0.10	0.826	0.031	0.07		
1051.96	<sup>214</sup> Bi	0.68 (7)		0.66 (5)	0.72 (4)			0.694 (29)	0.46	0.710	0.035	0.25	00Sa	
1069.96	<sup>214</sup> Bi	0.62 (7)		0.56 (4)	0.65 (6)			0.594 (30)	0.87	0.637	0.046	0.11		

1120.29	<sup>214</sup> Bi	34 (3)		33.13 (22)	32.3 (10)	32.71 (10)	32.77 (12)	32.77 (7)	0.70	32.73	0.08	0.14		
1155.19	<sup>214</sup> Bi	4.0 (5)		3.5 (4)	3.4 (7)	3.594 (36)	3.595 (17)	3.595 (15)	0.20	3.595	0.015	0.24	02Mo	
1207.68	<sup>214</sup> Bi	1.10 (11)		0.98 (6)	1.04 (7)			1.02 (4)	0.53	1.06	0.06	0.21	00Sa	
1238.11	<sup>214</sup> Bi	14.9 (15)		12.87 (9)	12.7 (4)	12.83 (6)	12.80 (4)	12.817 (30)	0.52	12.811	0.032	0.55		
1280.96	<sup>214</sup> Bi	3.6 (5)		3.17 (17)	3.15 (11)	3.147 (28)	3.159 (16)	3.156 (14)	0.23	3.156	0.014	0.31	02Mo	
1377.7	<sup>214</sup> Bi	9.9 (11)		8.82 (25)	8.52 (25)	8.69 (4)	8.794 (30)	8.756 (30)	1.59	8.755	0.024/ 0.035	2.10		
1385.31	<sup>214</sup> Bi	1.98 (19)		1.81 (8)	1.76 (5)	1.744 (17)	1.755 (16)	1.750 (14)	0.55	1.748	0.014	0.54		
1401.5	<sup>214</sup> Bi	3.5 (4)		2.91 (16)	3.0 (4)	2.924 (20)	2.934 (13)	2.931 (11)	0.56	2.932	0.011	0.74	02Mo	
1407.98	<sup>214</sup> Bi	6.2 (7)		5.37 (6)	5.5 (5)	5.233 (26)	5.250 (19)	5.252 (19)	1.62	5.245	0.015	0.80		
1509.23	<sup>214</sup> Bi	5.5 (5)		4.76 (5)	4.63 (15)	4.61 (6)	4.671 (31)	4.682 (31)	1.70	4.660	0.027/ 0.030	1.23	02Mo	
1538.5	<sup>214</sup> Bi	1.14 (12)		0.95 (6)	0.98 (5)			0.98 (4)	1.01	1.00	0.05/ 0.06	1.51	00Sa	75Ha
1543.32	<sup>214</sup> Bi	0.74 (8)		0.68 (4)	0.67 (3)			0.679 (21)	0.34	0.679	0.028	0.67	00Sa	
1583.22	<sup>214</sup> Bi	1.86 (19)		1.58 (8)	1.64 (17)		1.556 (13)	1.558 (13)	0.95	1.558	0.013/ 0.015	1.39	02Mo	75Ha



Table 3. Combination of absolute and relative emission probabilities.

$E_{\gamma}$ <sup>a</sup>	$P_{\gamma}$ - table 1	$P_{\gamma}$ - table 2 scaled	Weighted average	$\sigma_{\text{int}}/\sigma_{\text{ext}}$	reduced- $\chi^2$
186.211 (13) n	3.53 (3)	3.533 (12)	3.533	0.011	0.01
241.997 (3) n	7.26 (9)	7.194 (18)	7.197	0.018	0.52
258.87 (4) n	0.535 (8)	0.528 (4)	0.529	0.036	0.01
295.224 (2) n	18.60 (30)	18.28 (4)	18.29	0.04/0.04	1.12
351.932 (2) n	35.80 (58)	35.34 (7)	35.35	0.07	0.62
609.316 (3) h	45.16 (33)	reference			
665.453 (22) n	1.495 (26)	1.521 (6)	1.520	0.006	0.95
703.11 (4) n		0.51 (3)			
768.367 (11) h	4.86 (5)	4.850 (13)	4.851	0.013	0.04
806.185 (11) h	1.232 (16)	1.255 (6)	1.252	0.006/0.008	1.81
839.04 (9) n		0.59 (2)			
934.061 (12) n	3.051 (24)	3.074 (11)	3.070	0.010	0.76
1120.287 (10) n	14.88 (10)	14.78 (4)	14.79	0.04	0.86
1155.10 (2) n	1.628 (39)	1.624 (7)	1.624	0.007	0.01
1238.110 (12) n	5.82 (4)	5.785 (14)	5.791	0.013/0.013	1.12
1280.96 (2) n	1.431 (18)	1.425 (6)	1.426	0.006	0.10
1377.669 (12) n	4.00 (5)	3.954 (16)	3.958	0.015	0.77
1385.31 (3) n	0.772 (18)	0.789 (6)	0.787	0.006	0.80
1401.516 (14) m	1.284 (22)	1.324 (5)	1.322	0.005/0.009	3.14
1407.993 (7) h	2.29 (10)	2.369 (7)	2.369	0.007	0.62
1509.217 (8) h	2.106 (28)	2.104 (14)	2.104	0.013	0.00
1583.210 (18) m		0.704 (7)			
1661.316 (13) h	1.124 (28)	1.037 (6)	1.080	0.020/0.044	9.23/4.83
1729.640 (12) h	2.89 (4)	2.817 (11)	2.822	0.011/0.019	3.10
1764.539 (15) h	15.30 (11)	15.17 (4)	15.19	0.04/0.04	1.23

1847.420 (25) n	2.03 (4)	2.000 (11)	2.002	0.011	0.52
2118.536 (8) h	1.159 (21)	1.148 (11)	1.150	0.010/0.0005	0.22
2204.071 (21) h	4.92 (7)	4.891 (42)	4.899	0.036/0.013	0.13
2293.338 (20) h		0.305 (4)			
2447.673 (10) h	1.549 (25)	1.536 (15)	1.539	0.013/0.06	0.2

<sup>a</sup> The letter code sin this column identify the reference for the energies and are: n - 1995El07, h - 1979He13, and m - 2002Mo.

### Recommended $\gamma$ -ray emission probabilities

Energy (keV)	Emission Probability (%)
186.211 (13)	3.533 (11)
241.997 (3)	7.197 (18)
258.87 (4)	0.53 (4)
295.224 (2)	18.29 (4)
351.932 (2)	35.35 (7)
609.316 (3)	45.2 (3)
665.453 (22)	1.520 (6)
703.11 (4)	0.51 (3)
768.367 (11)	4.851 (13)
806.185 (11)	1.252 (8)
839.04 (9)	0.59 (2)
934.061 (12)	3.070 (10)
1120.287 (10)	14.79 (4)
1155.10 (2)	1.624 (7)
1238.110 (12)	5.791 (13)
1280.96 (2)	1.426 (6)
1377.669 (12)	3.958 (15)
1401.516 (14)	1.322 (9)
1407.993 (7)	2.369 (7)
1509.217 (8)	2.104 (13)
1583.210 (18)	0.704 (7)
1661.316 (13)	1.08 (4)
1729.640 (12)	2.822 (19)
1764.539 (15)	15.19 (4)
1847.420 (25)	2.002 (11)
2118.536 (8)	1.147 (7)
2204.071 (21)	4.860 (18)
2293.338 (20)	0.305 (4)
2447.673 (10)	1.59 (6)