



1 Decay Scheme

Th-231 disintegrates 100 % by beta minus emission to the levels in Pa-231.

Le thorium 231 se désintègre par émissions bêta moins vers des niveaux excités de protactinium 231.

2 Nuclear Data

$T_{1/2}(^{231}\text{Th})$:	25,522	(10)	h
$T_{1/2}(^{231}\text{Pa})$:	32670	(260)	a
$Q^{-}(^{231}\text{Th})$:	391,6	(15)	keV

2.1 β^{-} Transitions

	Energy keV	Probability $\times 100$	Nature	lg ft
$\beta_{0,14}^{-}$	39,8 (15)	0,0032 (2)		7,33
$\beta_{0,13}^{-}$	71,4 (15)	0,066 (2)	1st Forbidden	6,79
$\beta_{0,12}^{-}$	73,6 (15)	0,00078 (5)		8,76
$\beta_{0,11}^{-}$	144,3 (15)	2,7 (4)	Allowed	6,11
$\beta_{0,10}^{-}$	173,4 (15)	0,31 (23)		7,3
$\beta_{0,9}^{-}$	208,1 (15)	12,2 (15)	Allowed	5,95
$\beta_{0,8}^{-}$	217,4 (15)	1,36 (24)		6,96
$\beta_{0,6}^{-}$	289,3 (15)	13 (8)	Allowed	6,4
$\beta_{0,5}^{-}$	290,2 (15)	41 (16)	Allowed	5,88
$\beta_{0,4}^{-}$	307,4 (15)	29 (18)	Allowed	6,1
$\beta_{0,3}^{-}$	313,9 (15)	0,43 (2)	1st Forbidden	7,97
$\beta_{0,2}^{-}$	333,0 (15)	0,17 (17)	1st Forbidden	8,2
$\beta_{0,0}^{-}$	391,6 (15)	0,022 (7)	1st Forbidden	9,57

2.2 Gamma Transitions and Internal Conversion Coefficients

	Energy keV	P _{γ+ce} × 100	Multipolarity	α _K	α _L	α _M	α _T
γ _{1,0} (Pa)	9,2	0,498					
γ _{7,5} (Pa)	10,25	0,737					
γ _{5,4} (Pa)	17,2	45 (16)	(M1)			135,7	193
γ _{6,4} (Pa)	18,07	22 (10)	M1+E2		349	304	800
γ _{4,2} (Pa)	25,65 (2)	74,6 (39)	E1		3,26 (5)	0,843 (12)	4,37 (7)
γ _{5,2} (Pa)	42,89 (7)	0,1275 (34)	[E1]		0,85 (2)	0,21 (1)	1,14 (2)
γ _{10,8} (Pa)	44,08 (17)	0,22 (23)	[M1+E2]		240 (210)	70 (60)	300 (300)
γ _{2,0} (Pa)	58,5719 (24)	75,1 (27)	E2		113,6 (16)	31,3 (5)	155,5 (22)
γ _{11,9} (Pa)	63,86 (3)	0,82 (36)	M1+E2		25 (11)	6,6 (31)	34 (15)
γ _{3,1} (Pa)	68,5 (1)	0,438 (13)	E2		53,5 (8)	14,8 (3)	73,3 (12)
γ _{8,5} (Pa)	72,7518 (45)	0,333 (22)	[E1]		0,211 (3)	0,0517 (7)	0,280 (4)
γ _{3,0} (Pa)	77,69	0,0042 (7)					
γ _{9,6} (Pa)	81,2280 (14)	8,2 (13)	M1(+E2)		6,1 (10)	1,5 (3)	8,1 (14)
γ _{9,5} (Pa)	82,0870 (17)	3,7 (6)	M1(+E2)		5,9 (9)	1,5 (3)	7,9 (13)
γ _{4,0} (Pa)	84,2148 (13)	23,4 (17)	E1		1,77 (2)	0,57 (10)	2,50 (25)
γ _{8,4} (Pa)	89,95 (2)	1,171 (35)	E1		0,121 (2)	0,0294 (4)	0,1598 (22)
γ _{6,1} (Pa)	93,02 (4)	0,0459 (34)	[E1]		0,110 (2)	0,0269 (4)	0,1463 (21)
γ _{9,4} (Pa)	99,2814 (31)	0,96 (7)	M1+E2		4,43 (24)	1,13 (7)	6,0 (4)
γ _{6,0} (Pa)	102,2700 (13)	0,491 (12)	E1		0,086 (1)	0,0210 (3)	0,1141 (16)
γ _{9,3} (Pa)	105,81 (3)	0,0087 (6)	[E1]		0,0787 (11)	0,0192 (3)	0,1043 (15)
γ _{10,7} (Pa)	106,61 (3)	0,0197 (8)	[E1]		0,0772 (11)	0,0188 (3)	0,1023 (14)
γ _{8,2} (Pa)	115,63 (3)	0,0121 (47)	[M1+E2]	5,4 (52)	3,3 (12)	0,9 (4)	10 (4)
γ _{10,5} (Pa)	116,831 (23)	0,0302 (12)	E1	0,262 (4)	0,0608 (9)	0,01478 (21)	0,342 (5)
γ _{9,2} (Pa)	124,916 (19)	0,0763 (20)	E1	0,226 (4)	0,0511 (8)	0,01241 (18)	0,294 (4)
γ _{10,4} (Pa)	134,03 (2)	0,0318 (10)	E1	0,192 (3)	0,0426 (6)	0,01033 (15)	0,249 (4)
γ _{11,7} (Pa)	135,667 (11)	0,72 (9)	M1(+E2)	6,1 (14)	1,40 (19)	0,35 (6)	8,0 (11)
γ _{13,9} (Pa)	136,75 (7)	0,00547 (19)	[E1]	0,184 (3)	0,0404 (6)	0,00981 (14)	0,237 (3)
γ _{10,3} (Pa)	140,55 (4)	0,0047 (19)	[M1+E2]	3 (3)	1,5 (4)	0,40 (12)	5,3 (25)
γ _{11,6} (Pa)	145,061 (40)	0,0201 (11)	[E2]	0,237 (4)	1,627 (23)	0,448 (7)	2,46 (3)
γ _{11,5} (Pa)	145,941 (20)	0,198 (27)	M1+E2	3,4 (10)	1,27 (10)	0,33 (4)	5,1 (8)
γ _{11,4} (Pa)	163,105 (4)	0,92 (7)	M1(+E2)	3,9 (4)	0,783 (22)	0,190 (9)	4,9 (4)
γ _{8,1} (Pa)	165,00 (5)	0,00857 (35)	[E2]	0,209 (3)	0,917 (13)	0,252 (4)	1,464 (2)
γ _{11,3} (Pa)	169,66 (3)	0,00161 (8)	[E1]	0,1113 (16)	0,0233 (4)	0,00564 (8)	0,1421 (20)
γ _{8,0} (Pa)	174,16 (2)	0,067 (27)	[M1+E2]	1,8 (16)	0,68 (5)	0,177 (22)	2,7 (15)
γ _{9,0} (Pa)	183,486 (25)	0,0375 (9)	E1	0,0928 (13)	0,0191 (3)	0,00463 (7)	0,1181 (17)
γ _{11,2} (Pa)	188,76 (2)	0,00378 (33)	[E1]	0,0869 (13)	0,01782 (25)	0,00431 (6)	0,1105 (15)
γ _{13,6} (Pa)	217,94 (3)	0,0434 (9)	E1	0,0624 (9)	0,01248 (18)	0,00301 (5)	0,0789 (11)
γ _{13,4} (Pa)	236,01 (3)	0,01002 (32)	[E1]	0,0521 (8)	0,01028 (15)	0,00248 (4)	0,0657 (9)
γ _{12,3} (Pa)	240,275 (50)	0,000308 (43)	[E1]	0,0500 (7)	0,00984 (14)	0,00237 (4)	0,0630 (9)
γ _{13,3} (Pa)	242,52 (4)	0,0016 (6)	[M1+E2]	0,7 (6)	0,22 (4)	0,055 (7)	1,0 (7)
γ _{14,6} (Pa)	249,60 (7)	0,00085 (7)	[E1]	0,0459 (7)	0,00898 (13)	0,00216 (3)	0,0578 (8)
γ _{14,5} (Pa)	250,45 (7)	0,00071 (7)	[E1]	0,0455 (7)	0,00891 (13)	0,00215 (3)	0,0573 (8)
γ _{14,4} (Pa)	267,63 (8)	0,00148 (15)	[E1]	0,0393 (6)	0,00760 (11)	0,00183 (3)	0,0493 (7)
γ _{14,3} (Pa)	274,1 (1)	0,000058 (27)	[M1+E2]	0,5 (4)	0,15 (4)	0,038 (8)	0,7 (5)
γ _{12,1} (Pa)	308,78 (7)	0,0003748 (19)	[E1]	0,0287 (4)	0,00544 (8)	0,001306 (19)	0,0358 (5)
γ _{13,1} (Pa)	311,00 (5)	0,005 (1)	M1+E2	0,5 (3)	0,11 (3)	0,027 (6)	0,6 (3)
γ _{12,0} (Pa)	317,89 (8)	0,0001039 (5)	[E1]	0,0269 (4)	0,00508 (8)	0,001221 (18)	0,0336 (5)
γ _{13,0} (Pa)	320,21 (8)	0,00022 (7)	[M1+E2]	0,34 (27)	0,09 (4)	0,023 (7)	0,5 (4)
γ _{14,0} (Pa)	351,84 (11)	0,000090 (24)	[M1+E2]	0,26 (21)	0,066 (24)	0,016 (6)	0,35 (25)

3 Atomic Data

3.1 Pa

ω_K	:	0,970	(4)
$\bar{\omega}_L$:	0,488	(18)
n_{KL}	:	0,795	(5)

3.1.1 X Radiations

		Energy keV	Relative probability		
X _K	K α_2	92,288		62,14	
	K α_1	95,869		100	
	K β_3	107,595	}	35,84	
	K β_1	108,422			}
	K β_5''	109,072			}
	K β_2	111,405	}	12,15	
	K β_4	111,87			}
	KO _{2,3}	112,38			}
X _L	L ℓ	11,3676			
	L α	13,1215 – 13,2887			
	L η	14,9488			
	L β	15,3584 – 17,6655			
	L γ	18,9396 – 20,1126			

3.1.2 Auger Electrons

		Energy keV	Relative probability
Auger K			
	KLL	70,081 – 78,822	100
	KLX	85,989 – 95,858	59,2
	KXY	101,87 – 112,59	8,76
Auger L			
		5,9 – 21,0	

4 Electron Emissions

		Energy keV	Electrons per 100 disint.
e _{AL}	(Pa)	5,9 - 21,0	68 (3)
e _{AK}	(Pa)		0,038 (5)
	KLL	70,081 - 78,822	}
	KLX	85,989 - 95,858	}
	KXY	101,87 - 112,59	}
ec _{4,2} L	(Pa)	4,540 - 8,912	45,3 (24)
ec _{5,4} M	(Pa)	11,8 - 13,8	31 (11)
ec _{6,4} M	(Pa)	12,71 - 14,63	8,2 (36)
ec _{4,2} M	(Pa)	20,284 - 22,203	11,7 (6)
ec _{5,2} L	(Pa)	21,78 - 26,16	0,0507 (14)
ec _{10,8} L	(Pa)	22,98 - 27,35	0,16 (16)
ec _{11,7} K	(Pa)	23,071 (11)	0,49 (11)
ec _{11,5} K	(Pa)	33,34 (2)	0,110 (33)
ec _{2,0} L	(Pa)	37,467 - 41,839	54,5 (20)
ec _{11,9} L	(Pa)	42,76 - 47,13	0,59 (26)
ec _{3,1} L	(Pa)	47,4 - 51,8	0,316 (9)
ec _{11,4} K	(Pa)	50,509 (4)	0,61 (7)
ec _{8,5} L	(Pa)	51,647 - 56,019	0,0549 (37)
ec _{2,0} M	(Pa)	53,211 - 55,130	15,0 (5)
ec _{11,9} M	(Pa)	58,50 - 60,42	0,16 (7)
ec _{9,6} L	(Pa)	60,123 - 64,495	5,5 (9)
ec _{9,5} L	(Pa)	60,982 - 65,354	2,47 (38)
ec _{3,1} M	(Pa)	63,1 - 65,1	0,0873 (28)
ec _{4,0} L	(Pa)	63,110 - 67,482	11,86 (18)
ec _{8,4} L	(Pa)	68,84 - 73,22	0,1222 (42)
ec _{9,6} M	(Pa)	75,867 - 77,786	1,36 (27)
ec _{9,5} M	(Pa)	76,726 - 78,645	0,63 (13)
ec _{9,4} L	(Pa)	78,176 - 82,548	0,607 (42)
ec _{4,0} M	(Pa)	78,854 - 80,773	3,8 (7)
ec _{9,4} M	(Pa)	93,920 - 95,839	0,155 (12)
ec _{11,7} L	(Pa)	114,562 - 118,934	0,112 (15)
ec _{11,4} L	(Pa)	142,000 - 146,372	0,122 (5)
$\beta_{0,14}^-$	max:	39,8 (15)	0,0032 (2)
$\beta_{0,14}^-$	avg:	10,1 (5)	
$\beta_{0,13}^-$	max:	71,4 (15)	0,066 (2)
$\beta_{0,13}^-$	avg:	18,3 (4)	
$\beta_{0,12}^-$	max:	73,6 (15)	0,00078 (5)
$\beta_{0,12}^-$	avg:	18,9 (4)	
$\beta_{0,11}^-$	max:	144,3 (15)	2,7 (4)
$\beta_{0,11}^-$	avg:	38,1 (5)	
$\beta_{0,10}^-$	max:	173,4 (15)	0,31 (23)

		Energy keV		Electrons per 100 disint.
$\beta_{0,10}^-$	avg:	46,2	(5)	
$\beta_{0,9}^-$	max:	208,1	(15)	12,2 (15)
$\beta_{0,9}^-$	avg:	56,2	(5)	
$\beta_{0,8}^-$	max:	217,4	(15)	1,36 (24)
$\beta_{0,8}^-$	avg:	58,9	(5)	
$\beta_{0,6}^-$	max:	289,3	(15)	13 (8)
$\beta_{0,6}^-$	avg:	80,1	(5)	
$\beta_{0,5}^-$	max:	290,2	(15)	41 (16)
$\beta_{0,5}^-$	avg:	80,4	(5)	
$\beta_{0,4}^-$	max:	307,4	(15)	29 (18)
$\beta_{0,4}^-$	avg:	85,6	(5)	
$\beta_{0,3}^-$	max:	313,9	(15)	0,43 (2)
$\beta_{0,3}^-$	avg:	87,6	(5)	
$\beta_{0,2}^-$	max:	333,0	(15)	0,17 (17)
$\beta_{0,2}^-$	avg:	93,4	(5)	
$\beta_{0,0}^-$	max:	391,6	(15)	0,022 (7)
$\beta_{0,0}^-$	avg:	111,6	(5)	

5 Photon Emissions

5.1 X-Ray Emissions

		Energy keV		Photons per 100 disint.
XL	(Pa)	11,3676 — 20,1126		65 (3)
XK α_2	(Pa)	92,288		0,37 (4) } K α
XK α_1	(Pa)	95,869		0,59 (7) }
XK β_3	(Pa)	107,595	}	
XK β_1	(Pa)	108,422	}	0,21 (2) K' β_1
XK β_5''	(Pa)	109,072	}	
XK β_2	(Pa)	111,405	}	
XK β_4	(Pa)	111,87	}	0,071 (8) K' β_2
XKO _{2,3}	(Pa)	112,38	}	

5.2 Gamma Emissions

	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{4,2}(\text{Pa})$	25,64 (2)	13,9 (7)
$\gamma_{5,2}(\text{Pa})$	42,86 (7)	0,0596 (15)
$\gamma_{10,8}(\text{Pa})$	44,08 (17)	0,00074 (21)
$\gamma_{2,0}(\text{Pa})$	58,5700 (24)	0,480 (16)
$\gamma_{11,9}(\text{Pa})$	63,86 (3)	0,0235 (21)
$\gamma_{3,1}(\text{Pa})$	68,5 (1)	0,00590 (15)
$\gamma_{8,5}(\text{Pa})$	72,7510 (25)	0,260 (17)
$\gamma_{3,0}(\text{Pa})$	77,69	0,0042 (7)
$\gamma_{9,6}(\text{Pa})$	81,2280 (14)	0,905 (23)
$\gamma_{9,5}(\text{Pa})$	82,0870 (13)	0,418 (13)
$\gamma_{4,0}(\text{Pa})$	84,2140 (13)	6,70 (7)
$\gamma_{8,4}(\text{Pa})$	89,95 (2)	1,01 (3)
$\gamma_{6,1}(\text{Pa})$	93,02 (4)	0,040 (3)
$\gamma_{9,4}(\text{Pa})$	99,278 (3)	0,137 (6)
$\gamma_{6,0}(\text{Pa})$	102,2700 (13)	0,441 (11)
$\gamma_{9,3}(\text{Pa})$	105,81 (3)	0,0079 (5)
$\gamma_{10,7}(\text{Pa})$	106,61 (3)	0,0179 (7)
$\gamma_{8,2}(\text{Pa})$	115,63 (3)	0,00110 (16)
$\gamma_{10,5}(\text{Pa})$	116,82 (2)	0,0225 (9)
$\gamma_{9,2}(\text{Pa})$	124,914 (17)	0,0590 (15)
$\gamma_{10,4}(\text{Pa})$	134,03 (2)	0,0255 (8)
$\gamma_{11,7}(\text{Pa})$	135,664 (11)	0,0797 (22)
$\gamma_{13,9}(\text{Pa})$	136,75 (7)	0,00442 (15)
$\gamma_{10,3}(\text{Pa})$	140,54 (4)	0,00074 (7)
$\gamma_{11,6}(\text{Pa})$	145,06 (4)	0,0058 (3)
$\gamma_{11,5}(\text{Pa})$	145,94 (2)	0,0324 (12)
$\gamma_{11,4}(\text{Pa})$	163,101 (4)	0,156 (5)
$\gamma_{8,1}(\text{Pa})$	165,00 (5)	0,00348 (14)
$\gamma_{11,3}(\text{Pa})$	169,66 (3)	0,00141 (7)
$\gamma_{8,0}(\text{Pa})$	174,15 (2)	0,0180 (6)
$\gamma_{9,0}(\text{Pa})$	183,480 (25)	0,0335 (8)
$\gamma_{11,2}(\text{Pa})$	188,76 (2)	0,0034 (3)
$\gamma_{13,6}(\text{Pa})$	217,94 (3)	0,0402 (8)
$\gamma_{13,4}(\text{Pa})$	236,01 (3)	0,0094 (3)
$\gamma_{12,3}(\text{Pa})$	240,27 (5)	0,00029 (4)
$\gamma_{13,3}(\text{Pa})$	242,50 (4)	0,00082 (5)
$\gamma_{14,6}(\text{Pa})$	249,60 (7)	0,00080 (7)
$\gamma_{14,5}(\text{Pa})$	250,45 (7)	0,00067 (7)
$\gamma_{14,4}(\text{Pa})$	267,62 (8)	0,00141 (14)
$\gamma_{14,3}(\text{Pa})$	274,1 (1)	0,000034 (12)
$\gamma_{12,1}(\text{Pa})$	308,78 (7)	0,0003618 (18)
$\gamma_{13,1}(\text{Pa})$	311,00 (5)	0,00315 (14)
$\gamma_{12,0}(\text{Pa})$	317,87 (8)	0,0001005 (5)
$\gamma_{13,0}(\text{Pa})$	320,15 (8)	0,00015 (3)
$\gamma_{14,0}(\text{Pa})$	351,8 (1)	0,000067 (13)

6 Main Production Modes

Th – ²³⁰(n,γ)Th – ²³¹

7 References

- G.B. KNIGHT, R.L. MACKLIN. Phys. Rev. 75 (1949) 34
(Half-life)
- A. JAFFEY, J. LERNER, S. WARSHAW. Phys. Rev. 82 (1951) 498
(Half-life)
- M.S. FREEDMAN, A.H. JAFFEY, F. WAGNER, JR., J. MAY. Phys. Rev. 89 (1953) 302
(Gamma ray intensities)
- M.J. CABELL. Can. J. Phys. 36 (1958) 989
(Half-life)
- F. ASARO, F.S. STEPHENS, J.M. HOLLANDER, I. PERLMAN. Phys. Rev. 117 (1960) 492
(Gamma ray emission probabilities)
- K. KOBAYASHI, T. HASHIMOTO, I. KIMURA. J. Nucl. Sci. Technol. 8 (1971) 492
(Half-life, Gamma ray energies, intensities and emission probabilities)
- E. BROWNE, F. ASARO. Phys. Rev. C7 (1973) 2545
(Gamma ray energies, intensities and emission probabilities)
- W. TEOH. Nucl. Instrum. Methods 109 (1973) 509
(Gamma ray energies and intensities)
- P. HORNSHOJ, P. TIDEMAND-PETERSSON, R. KACZAROWSKI, B. KOTLINSKA, J. ZYLICZ. Nucl. Phys. A248 (1975) 406
(Gamma ray energies and intensities, Internal conversion electrons intensities, beta emission probabilities, Multipolarity)
- S.A. BARANOV, V.M. SHATINSKII, A.G. ZELENKOV, V.A. PCHELIN. Sov. J. Nucl. Phys. 26 (1977) 486
(Gamma ray energies and intensities)
- H.G. BORNER, G. BARREAU, W.F. DAVIDSON, P. JEUCH, T. VON EGIDY, J. ALMEIDA, D.H. WHITE. Nucl. Instrum. Methods 166 (1979) 251
(Gamma ray energies)
- R. VANINBROUKX, B. DENECKE. Nucl. Instrum. Methods 193 (1982) 191
(Gamma ray emission probabilities)
- C. BAKTASH, E. DER MATEOSIAN, O.C. KISTNER, A.W. SUNYAR, D. HORN, C.J. LISTER. Bull. Am. Phys. Soc. 28 (1983) 41
(Gamma ray intensities and emission probabilities)
- H. CHATANI. Nucl. Instrum. Methods 205 (1983) 501
(Half-life, Gamma ray emission probabilities)
- R.G. HELMER, C.W. REICH. Int. J. Appl. Radiat. Isotop. 35 (1984) 783
(Gamma ray emission probabilities)
- E. SCHÖNFELD, H. JANSSEN. Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A369 (1996) 527
(Atomic data)
- H. CHATANI. Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A425 (1999) 277
(Gamma ray energies, intensities and emission probabilities)
- E. BROWNE. Nucl. Data Sheets 93 (2001) 763
(Level energies, spin, parity)
- I.M. BAND, M.B. TRZHASKOVSKAYA, C.W. NESTOR, JR., P.O. TIKKANEN, S. RAMAN. At. Data Nucl. Data Tables 81 (2002) 1
(Calculated ICC)
- G. AUDI, A.H. WAPSTRA, C. THIBAUT. Nucl. Phys. A729 (2003) 129
(Q)
- T. KIBÉDI, T. W. BURROWS, M. B. TRZHASKOVSKAYA, P. M. DAVIDSON, C. W. NESTOR JR.. Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A589 (2008) 202
(Theoretical ICC)



