

$^{177}\text{Hf}(n,\gamma)$  E=2, 24 keV res:av [1986Ha22](#)

Type	Author	History	Citation	Literature Cutoff Date
Full Evaluation	E. Achterberg, O. A. Capurro, G. V. Marti		NDS 110, 1473 (2009)	31-May-2008

Target: 86.5% enriched  $^{177}\text{Hf}(J^\pi=7/2^-)$ ; detector: Ge(Li) pair spectrometer.

 $^{178}\text{Hf}$  Levels

$J^\pi$ : the spins/parities of capture resonance states are  $J^\pi=3^-, 4^-$ . The dominant multipolarity for the primary  $\gamma$  rays deexciting the resonance capture states is E1, by a factor of about 6 as compared to M1 transitions. Therefore for the 2-keV resonances, where s-wave capture is dominant, most of the primary  $\gamma$  decay intensity will feed positive parity states with spins 2, 3, 4, or 5 ([1986Ha22](#)). For the 24-keV resonances, where p-wave capture becomes significant, the capture states are  $(3^+, 4^+)$  for  $p_{1/2}$  capture, and  $(2^+ \text{ to } 5^+)$  for  $p_{3/2}$  capture. In this case there will be an enhancement of the primary  $\gamma$  intensity to  $(1^- \text{ to } 6^-)$  final states. These properties allow to establish a method to assign reliable parities to the final states ([1986Ha22](#)). See also [1970Bo29](#) for a detailed description of this technique.

E(level) <sup>†</sup>	$J^\pi$ <sup>‡</sup>	Comments
0.0	0 <sup>+</sup>	
93.180	1	2 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup>
306.621	3	4 <sup>+</sup> , 3 <sup>+</sup>
1174.626	4	2 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup>
1260.243	3	-
1268.536	5	3 <sup>+</sup> , 4 <sup>+</sup>
1276.691	7	2 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup>
1322.459	4	-
1377.5		
1384.456	6	4 <sup>+</sup> , 3 <sup>+</sup>
1409.437	3	-
1433.620	3	-
1450.363	6	4 <sup>+</sup> , 3 <sup>+</sup>
1457.3		
1496.454	8	2 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup>
1513		Doublet. States involved can be either two 3 <sup>+</sup> , 4 <sup>+</sup> , or one 3 <sup>+</sup> , 4 <sup>+</sup> and one 2 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup> . Since a level at 1513.6 keV with $J^\pi=2^+$ is already known from other work, the second component is established at 1513.8 keV, with $J^\pi=3^+, 4^+$ .
1533.169	11	+
1538.785	3	-
1561.534	7	2 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup>
1566.665	4	-
1635.615	5	4 <sup>+</sup> , 3 <sup>+</sup>
1640		Doublet. Since a 1639,7 keV level with $J^\pi=3^+$ was already known, the present experiment establishes the second component at 1640.5 keV, with $J^\pi=2^+, 5^+$ or $\pi=-$ .
1651.455	4	-
1668.2		-
1704.7		
1747.099	4	-
1758.140	4	3 <sup>+</sup> , 4 <sup>+</sup>
1803.385	4	-
1808.268	7	+
1818.283	7	2 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup>
1862.200	8	3 <sup>+</sup> , 4 <sup>+</sup>
1869.836	4	4 <sup>+</sup> , 3 <sup>+</sup>
1891.298	8	2 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup>
1913.613	4	( <sup>-</sup> )
1917.432	5	( <sup>-</sup> )

Continued on next page (footnotes at end of table)

$^{177}\text{Hf}(n,\gamma)$  E=2, 24 keV res:av 1986Ha22 (continued) $^{178}\text{Hf}$  Levels (continued)

E(level) <sup>†</sup>	J <sup>π</sup> <sup>‡</sup>	Comments
1941.997 7	(2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup> )	<b>Additional information 1.</b>
1947.960 6		Possible J <sup>π</sup> are (2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup> ) or negative parity.
1953.127 5	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>	
1956.431 8	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>	
S(n)+x		S(n)=7626.34 keV 30; x=2 keV.
S(n)+y		S(n)=7626.34 keV 30; y=24 keV.

<sup>†</sup> Level energies are from (n,γ) E=thermal.

<sup>‡</sup> From average resonance capture (ARC) analysis.

γ( $^{178}\text{Hf}$ )

E <sub>γ</sub>	I <sub>γ</sub>	E <sub>i</sub> (level)	E <sub>f</sub>	J <sub>f</sub> <sup>π</sup>
5671.4 3	26 <sup>†</sup> 4	S(n)+x	1956.431	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>
5675.0 3	30 <sup>†</sup> 3	S(n)+x	1953.127	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>
5680.0 6	8.6 <sup>†</sup> 19	S(n)+x	1947.960	
5685.9 3	14.8 <sup>†</sup> 19	S(n)+x	1941.997	(2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup> )
5693.1 5	28 <sup>‡</sup> 7	S(n)+y	1956.431	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>
5696.7 5	29 <sup>‡</sup> 7	S(n)+y	1953.127	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>
5710.7 6	10.9 <sup>†</sup> 14	S(n)+x	1917.432	(-)
5715.4 5	4.7 <sup>†</sup> 14	S(n)+x	1913.613	(-)
5736.9 2	15.2 <sup>†</sup> 14	S(n)+x	1891.298	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>
5758.1 6	13 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1891.298	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>
5758.4 2	30.9 <sup>†</sup> 19	S(n)+x	1869.836	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>
5765.8 2	45.7 <sup>†</sup> 19	S(n)+x	1862.200	3 <sup>+</sup> ,4 <sup>+</sup>
5779.4 4	28 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1869.836	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>
5787.2 3	36 <sup>‡</sup> 5	S(n)+y	1862.200	3 <sup>+</sup> ,4 <sup>+</sup>
5811.0 7	11 <sup>†</sup> 4	S(n)+x	1818.283	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>
5819.5 3	30 <sup>†</sup> 2	S(n)+x	1808.268	+
5824.2 7	6.2 <sup>†</sup> 14	S(n)+x	1803.385	-
5831.2 CA	≈5.7 <sup>‡</sup>	S(n)+y	1818.283	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>
5841.8 4	26 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1808.268	+
5846.1 CA	11 <sup>‡</sup> 5	S(n)+y	1803.385	-
5870.0 2	36.7 <sup>†</sup> 14	S(n)+x	1758.140	3 <sup>+</sup> ,4 <sup>+</sup>
5881.0 5	5.2 <sup>†</sup> 14	S(n)+x	1747.099	-
5891.4 3	47 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1758.140	3 <sup>+</sup> ,4 <sup>+</sup>
5903.3 7	12 <sup>‡</sup> 3	S(n)+y	1747.099	-
5944.8 7	12 <sup>‡</sup> 3	S(n)+y	1704.7	
5981.3 6	16 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1668.2	-
5987.4 3	23.3 <sup>†</sup> 24	S(n)+x	1640	
5991.7 3	38.1 <sup>†</sup> 24	S(n)+x	1635.615	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>
5998.0 6	15 <sup>‡</sup> 3	S(n)+y	1651.455	-
6008.4 4	34 <sup>‡</sup> 5	S(n)+y	1640	
6013.0 4	45 <sup>‡</sup> 5	S(n)+y	1635.615	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>

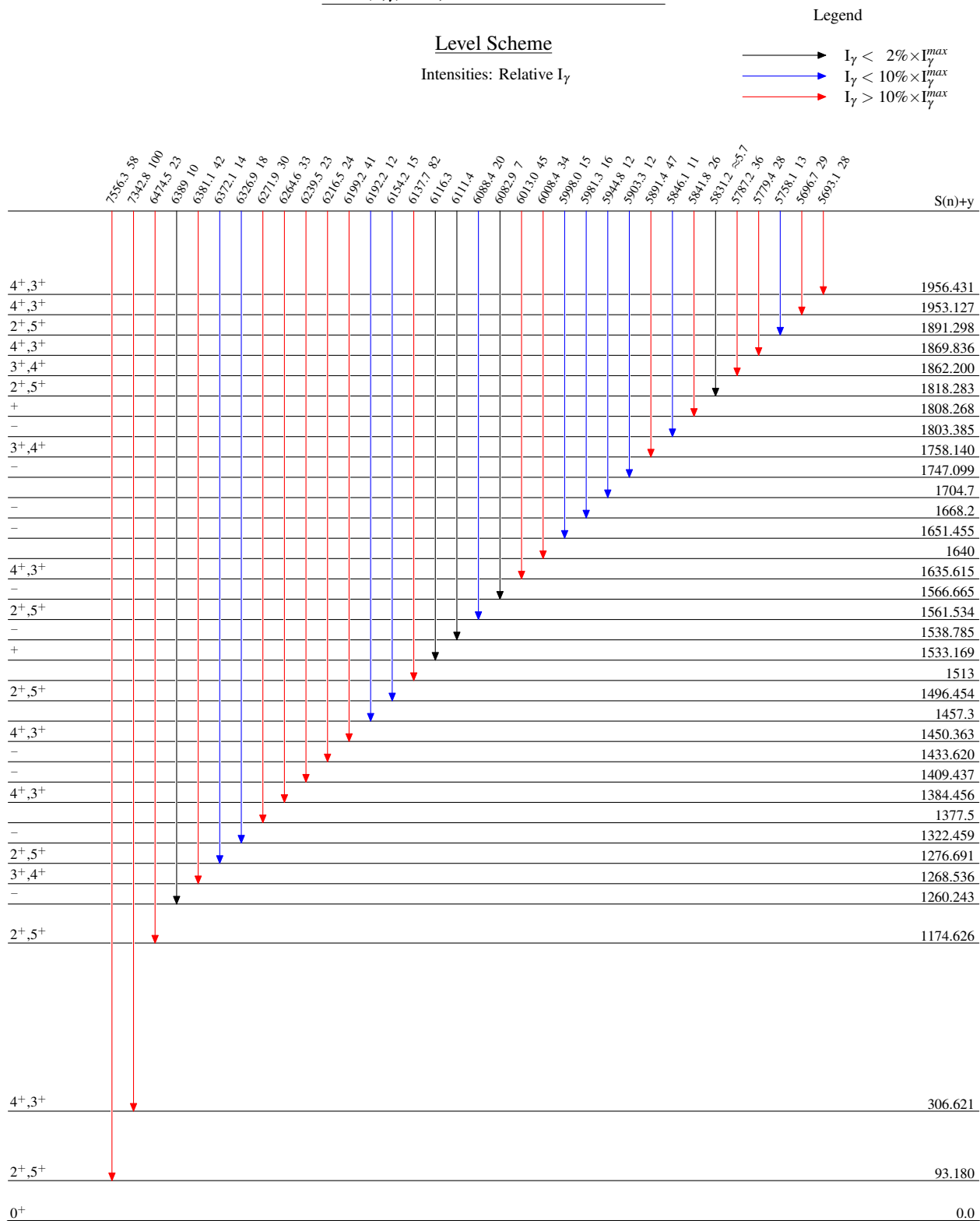
Continued on next page (footnotes at end of table)

$^{177}\text{Hf}(n,\gamma) E=2, 24 \text{ keV res:av}$  **1986Ha22 (continued)** $\gamma(^{178}\text{Hf})$  (continued)

$E_\gamma$	$I_\gamma$	$E_i(\text{level})$	$E_f$	$J_f^\pi$	Comments
6061.3	7.6 <sup>†</sup> 14	S(n)+x	1566.665	-	
6066.3	17.6 <sup>†</sup> 14	S(n)+x	1561.534	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	
6082.9	7 <sup>‡</sup> 3	S(n)+y	1566.665	-	
6088.4	20 <sup>‡</sup> 8	S(n)+y	1561.534	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	
6089.8		S(n)+x	1538.785	-	
6095.0	†	S(n)+x	1533.169	+	$I_\gamma: I_\gamma(6095\gamma + 6090\gamma)=45$ 4.
6111.4		S(n)+y	1538.785	-	
6114.6	69 <sup>†</sup> 6	S(n)+x	1513		
6116.3	‡	S(n)+y	1533.169	+	$I_\gamma: I_\gamma(6111.4\gamma + 6116.3\gamma)=57.3$ 14.
6132.4	14 <sup>†</sup> 6	S(n)+x	1496.454	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	
6137.7	82 <sup>‡</sup> 24	S(n)+y	1513		
6154.2	15 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1496.454	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	
6177.4	45 <sup>†</sup> 2	S(n)+x	1450.363	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>	
6192.2	12 <sup>‡</sup> 3	S(n)+y	1457.3		
6194.3	8.2 <sup>†</sup> 13	S(n)+x	1433.620	-	
6199.2	41 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1450.363	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>	
6216.5	24 <sup>‡</sup> 3	S(n)+y	1433.620	-	
6219.2	8.4 <sup>†</sup> 13	S(n)+x	1409.437	-	
6239.5	23 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1409.437	-	
6243.5	54 <sup>†</sup> 2	S(n)+x	1384.456	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>	
6264.6	33 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1384.456	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>	
6271.9	30 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1377.5		
6304.0	7.6 <sup>†</sup> 24	S(n)+x	1322.459	-	
6326.9	18 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1322.459	-	
6351.4	31.9 <sup>†</sup> 14	S(n)+x	1276.691	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	
6359.2	65.2 <sup>†</sup> 19	S(n)+x	1268.536	3 <sup>+</sup> ,4 <sup>+</sup>	
6367.1	6.0 <sup>†</sup> 15	S(n)+x	1260.243	-	
6372.1	14 <sup>‡</sup> 3	S(n)+y	1276.691	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	
6381.1	42 <sup>‡</sup> 6	S(n)+y	1268.536	3 <sup>+</sup> ,4 <sup>+</sup>	
6389	10 <sup>‡</sup> 5	S(n)+y	1260.243	-	
6453.1	30.9 <sup>†</sup> 14	S(n)+x	1174.626	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	
6474.5	23 <sup>‡</sup> 4	S(n)+y	1174.626	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	
7321.0	100 <sup>†</sup> 3	S(n)+x	306.621	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>	
7342.8	100 <sup>‡</sup> 5	S(n)+y	306.621	4 <sup>+</sup> ,3 <sup>+</sup>	
7534.3	62.4 <sup>†</sup> 24	S(n)+x	93.180	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	
7556.3	58 <sup>‡</sup> 5	S(n)+y	93.180	2 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	

† From 2-keV resonance, relative to 100 for 7321 $\gamma$ .

‡ From 24-keV resonance, relative to 100 for 7343 $\gamma$ .

$^{177}\text{Hf}(n,\gamma) E=2, 24 \text{ keV res:av}$  1986Ha22

$^{177}\text{Hf}(n,\gamma) E=2, 24 \text{ keV res:av } 1986\text{Ha}22$

Level Scheme (continued)

Intensities: Relative  $I_\gamma$

Legend

- $I_\gamma < 2\% \times I_\gamma^{\text{max}}$
- $I_\gamma < 10\% \times I_\gamma^{\text{max}}$
- $I_\gamma > 10\% \times I_\gamma^{\text{max}}$

