

## 2. Alpha-particle Energy and Intensity Standards

Table 2 lists some  $\alpha$ -particle energy and intensity standards for calibration of  $\alpha$ -particle measurements. The recommended energies were determined by Rytz<sup>1</sup> from an adjustment of experimental values to several absolute energy standards. The recommended  $\alpha$  branching values<sup>1</sup> are weighted averages of values reported in the literature. The alpha sources selected for this table have half-lives longer than 1 d, and are presented, for each parent isotope, in order of decreasing  $\alpha$ -particle energy. Columns 1 and 2 show the source names and half-lives, respectively. Column 3 lists the recommended  $\alpha$ -particle energies, and column 4 shows the  $\alpha$ -decay branching intensity per 100 parent  $\alpha$ -decays, with the corresponding uncertainty (in italics) in the least significant digit(s).

<sup>1</sup>A. Rytz, *At. Data and Nucl. Data Tables* **47**, 205 (1991).

**Table 2. Alpha-particle Energies and Intensities for Some Standard Sources**

Source	Half-life	$E_{\alpha}$ (keV)	$I_{\alpha}$ (% Branch)	Source	Half-life	$E_{\alpha}$ (keV)	$I_{\alpha}$ (% Branch)
<sup>146</sup> Sm	1.03×10 <sup>8</sup> y	2455 <sub>4</sub>	100	<sup>230</sup> Th	7.538×10 <sup>4</sup> y	4687.0 <sub>15</sub>	76.3
<sup>147</sup> Sm	1.06×10 <sup>11</sup> y	2235 <sub>3</sub>	100			4620.5 <sub>15</sub>	23.4
<sup>147</sup> Eu	24.1 d	2906 <sub>4</sub>	100	<sup>232</sup> Th	1.405×10 <sup>10</sup> y	4013 <sub>3</sub>	77 <sub>3</sub>
<sup>148</sup> Gd	74.6 y	3182.680 <sub>24</sub>	100			3950 <sub>8</sub>	23 <sub>2</sub>
<sup>149</sup> Gd	9.4 d	3016 <sub>4</sub>	100	<sup>229</sup> Pa	1.50 d	5735 <sub>10</sub>	
<sup>154</sup> Dy	3×10 <sup>6</sup> y	2870 <sub>5</sub>	100			5670 <sub>3</sub>	
<sup>210</sup> Bi	5.013 d	4687 <sub>4</sub>				5630 <sub>3</sub>	
		4650 <sub>4</sub>				5615 <sub>3</sub>	
<sup>210m</sup> Bi	3.04×10 <sup>6</sup> y	4946 <sub>9</sub>	56.7 <sub>13</sub>	<sup>230</sup> Pa	17.4 d	5580 <sub>3</sub>	
		4908 <sub>9</sub>	37.7 <sub>17</sub>			5536 <sub>3</sub>	
		4574 <sub>7</sub>	5.8 <sub>4</sub>			5344.7 <sub>7</sub>	
<sup>206</sup> Po	8.8 d	5223.7 <sub>15</sub>	100			5339.7 <sub>10</sub>	
<sup>208</sup> Po	2.898 y	5114.9 <sub>14</sub>	100			5326.2 <sub>7</sub>	
<sup>209</sup> Po	102 y	4880.8 <sub>20</sub>	99.43 <sub>1</sub>			5312.0 <sub>7</sub>	
<sup>210</sup> Po	138.376 d	5304.33 <sub>7</sub>	100			5300.5 <sub>7</sub>	
<sup>222</sup> Rn	3.8235 d	5489.48 <sub>30</sub>	99.92 <sub>1</sub>	<sup>231</sup> Pa	3.2760×10 <sup>4</sup> y	5058.6 <sub>15</sub>	11.0
<sup>223</sup> Ra	11.435 d	5871.3 <sub>10</sub>	1.0 <sub>2</sub>			5028.4 <sub>10</sub>	20.0
		5747.0 <sub>4</sub>	9.2 <sub>2</sub>			5013.8 <sub>14</sub>	25.4
		5716.23 <sub>29</sub>	52.6 <sub>11</sub>			4951.3 <sub>14</sub>	22.8
		5606.73 <sub>30</sub>	25.7 <sub>5</sub>			4736.0 <sub>8</sub>	8.4
<sup>224</sup> Ra	3.66 d	5539.80 <sub>90</sub>	9.2 <sub>2</sub>	<sup>230</sup> U	20.8 d	5888.4 <sub>7</sub>	67.4 <sub>4</sub>
		5685.37 <sub>15</sub>	94.91 <sub>7</sub>			5817.5 <sub>7</sub>	32.0 <sub>2</sub>
<sup>226</sup> Ra	1600 y	5448.6 <sub>9</sub>	5.07 <sub>7</sub>	<sup>232</sup> U	68.9 y	5320.12 <sub>14</sub>	68.6 <sub>4</sub>
		4784.34 <sub>25</sub>	94.45 <sub>5</sub>			5262.36 <sub>9</sub>	31.4 <sub>4</sub>
<sup>225</sup> Ac	10.0 d	4601 <sub>1</sub>	5.55 <sub>5</sub>	<sup>233</sup> U	1.592×10 <sup>5</sup> y	4824.0 <sub>12</sub>	83.3 <sub>3</sub>
		5829.6 <sub>14</sub>	50.7 <sub>2</sub>			4782.3 <sub>15</sub>	14.1 <sub>4</sub>
		5793.1 <sub>21</sub>	18.3 <sub>9</sub>	<sup>234</sup> U	2.455×10 <sup>5</sup> y	4774.6 <sub>14</sub>	72.5 <sub>30</sub>
		5731.9 <sub>17</sub>	8.2 <sub>7</sub>			4722.4 <sub>14</sub>	27.5 <sub>15</sub>
<sup>227</sup> Ac	21.773 y	4953.26 <sub>14</sub>	47.7 <sub>10</sub>	<sup>235</sup> U	7.038×10 <sup>8</sup> y	4596.4 <sub>13</sub>	5.6
		4940.7 <sub>8</sub>	39.6 <sub>12</sub>			4397.8 <sub>13</sub>	57
		4872.7 <sub>2</sub>	6.3 <sub>5</sub>			4366.1 <sub>20</sub>	17
<sup>227</sup> Th	18.72 d	6038.01 <sub>15</sub>	24.2 <sub>9</sub>			4214.7 <sub>19</sub>	6.4
		5977.72 <sub>10</sub>	23.5 <sub>9</sub>	<sup>236</sup> U	2.342×10 <sup>7</sup> y	4493.5 <sub>21</sub>	74
		5756.87 <sub>15</sub>	20.4 <sub>9</sub>			4445 <sub>4</sub>	26
		5708.8 <sub>16</sub>	8.3 <sub>3</sub>	<sup>238</sup> U	4.468×10 <sup>9</sup> y	4198 <sub>3</sub>	77 <sub>4</sub>
<sup>228</sup> Th	1.9131 y	5423.15 <sub>22</sub>	73.4 <sub>10</sub>			4151 <sub>5</sub>	23 <sub>4</sub>
		5340.36 <sub>15</sub>	26.6 <sub>3</sub>	<sup>235</sup> Np	396.1 d	5108 <sub>3</sub>	
<sup>229</sup> Th	7340 y	5077.4 <sub>23</sub>	0.05 <sub>1</sub>			5025 <sub>2</sub>	
		5051.2 <sub>23</sub>	6.6 <sub>4</sub>			5007 <sub>4</sub>	
		4967.6 <sub>23</sub>	7.0 <sub>3</sub>			4997 <sub>4</sub>	
		4900.9 <sub>23</sub>	10.6 <sub>2</sub>			4925 <sub>2</sub>	
		4845.1 <sub>23</sub>	58.2 <sub>10</sub>				
		4814.6 <sub>23</sub>	9.6 <sub>2</sub>				

Table 2. Alpha-particle Energies and Intensities (continued)

Source	Half-life	$E_{\alpha}$ (keV)	$I_{\alpha}$ (% Branch)	Source	Half-life	$E_{\alpha}$ (keV)	$I_{\alpha}$ (% Branch)
<sup>237</sup> Np	2.14×10 <sup>6</sup> y	4877.1 <sup>17</sup> 4789.8 <sup>12</sup> 4774.2 <sup>14</sup> 4769.2 <sup>14</sup> 4644 <sup>3</sup>	0.7 <sup>2</sup> 47.6 <sup>19</sup> 18.1 <sup>13</sup> 14.3 <sup>13</sup> 5.9 <sup>8</sup>	<sup>247</sup> Bk	1380 y	5794 <sup>5</sup> 5710 <sup>5</sup> 5688 <sup>5</sup> 5654 <sup>5</sup> 5531 <sup>5</sup> 5501 <sup>5</sup>	5.5 <sup>5</sup> 17 <sup>1</sup> 13 <sup>1</sup> 5.5 <sup>6</sup> 45 <sup>2</sup> 7 <sup>1</sup>
<sup>236</sup> Pu	2.858 y	5767.53 <sup>8</sup> 5730.87 <sup>10</sup>	69.14 <sup>33</sup> 30.76 <sup>33</sup>	<sup>249</sup> Bk	320 d	5436.0 <sup>21</sup> 5419 <sup>3</sup> 5391 <sup>3</sup>	
<sup>238</sup> Pu	87.7 y	5499.03 <sup>20</sup> 5456.3 <sup>3</sup>	71.4 <sup>5</sup> 28.6 <sup>4</sup>	<sup>246</sup> Cf	35.7 h	6754 <sup>4</sup> 6715 <sup>5</sup>	78.9 <sup>9</sup> 20.9 <sup>9</sup>
<sup>239</sup> Pu	2.4110×10 <sup>4</sup> y	5156.59 <sup>14</sup> 5144.3 <sup>8</sup>	73.3 <sup>8</sup> 15.1 <sup>8</sup>	<sup>248</sup> Cf	333.5 d	6258 <sup>5</sup> 6217 <sup>5</sup>	80.0 <sup>10</sup> 19.6 <sup>10</sup>
<sup>240</sup> Pu	6563 y	5105.8 <sup>8</sup> 5168.13 <sup>15</sup> 5123.45 <sup>23</sup>	11.5 <sup>8</sup> 73.51 <sup>36</sup> 26.39 <sup>21</sup>	<sup>249</sup> Cf	351 y	6193.6 <sup>11</sup> 5812.8 <sup>16</sup>	2.60 <sup>9</sup> 82.8 <sup>4</sup>
<sup>241</sup> Pu	14.35 y	5055 <sup>5</sup> 4896.3 <sup>11</sup> 4853.0 <sup>11</sup>		<sup>250</sup> Cf	13.08 y	6030.22 <sup>20</sup> 5988.9 <sup>6</sup>	84.7 <sup>6</sup> 15.0 <sup>2</sup>
<sup>242</sup> Pu	3.733×10 <sup>5</sup> y	4902.3 <sup>14</sup> 4858.1 <sup>15</sup>	79 <sup>2</sup> 21 <sup>2</sup>	<sup>251</sup> Cf	898 y	6072 <sup>3</sup> 6012 <sup>3</sup> 5849 <sup>3</sup> 5679.3 <sup>16</sup>	2.7 <sup>2</sup> 12.0 <sup>4</sup> 27.4 <sup>7</sup> 34.9 <sup>7</sup>
<sup>244</sup> Pu	8.08×10 <sup>7</sup> y	4589 <sup>1</sup> 4546 <sup>1</sup>	80.6 <sup>8</sup> 19.4 <sup>8</sup>	<sup>252</sup> Cf	2.645 y	6118.10 <sup>4</sup> 6075.64 <sup>11</sup>	84.3 <sup>3</sup> 15.5 <sup>3</sup>
<sup>240</sup> Am	50.8 h	5377.6 <sup>10</sup> 5337.1 <sup>20</sup>		<sup>253</sup> Cf	17.81 d	5980 <sup>4</sup> 5920 <sup>5</sup>	94.7 <sup>9</sup> 5.3 <sup>19</sup>
<sup>241</sup> Am	432.2 y	5544.5 <sup>16</sup> 5485.56 <sup>12</sup> 5442.80 <sup>13</sup>	0.36 <sup>3</sup> 85.1 <sup>3</sup> 13.3 <sup>7</sup>	<sup>254</sup> Cf	60.5 d	5833 <sup>5</sup> 5791 <sup>5</sup>	
<sup>242m</sup> Am	141 y	5409.0 <sup>5</sup> 5206.5 <sup>5</sup> 5141.3 <sup>5</sup>		<sup>251</sup> Es	33 h	6492 <sup>3</sup> 6462 <sup>2</sup>	
<sup>243</sup> Am	7370 y	5349.4 <sup>23</sup> 5275.3 <sup>10</sup> 5233.3 <sup>10</sup>	0.16 87.4 <sup>3</sup> 11.0	<sup>252</sup> Es	471.7 d	6631 <sup>3</sup> 6562 <sup>3</sup>	80.7 <sup>8</sup> 13.3 <sup>4</sup>
<sup>241</sup> Cm	32.8 d	6080.9 <sup>17</sup> 5939.0 <sup>6</sup> 5927.2 <sup>15</sup> 5884.7 <sup>6</sup>		<sup>253</sup> Es	20.47 d	6632.51 <sup>5</sup> 6590.5 <sup>14</sup>	89.9 <sup>16</sup> 6.6 <sup>1</sup>
<sup>242</sup> Cm	162.8 d	6112.72 <sup>8</sup> 6069.43 <sup>12</sup>	74.1 <sup>17</sup> 25.9 <sup>17</sup>	<sup>254</sup> Es	275.7 d	6512 <sup>5</sup> 6429.3 <sup>23</sup>	0.005 93.1 <sup>1</sup>
<sup>243</sup> Cm	29.1 y	6066.2 <sup>17</sup> 5991.8 <sup>15</sup> 5785.2 <sup>9</sup> 5742.1 <sup>9</sup>	1.5 <sup>2</sup> 5.7 <sup>2</sup> 73.2 <sup>23</sup> 11.5 <sup>5</sup>	<sup>254m</sup> Es	39.3 h	6593 <sup>4</sup> 6559 <sup>2</sup> 6384 <sup>2</sup> 6359 <sup>2</sup>	
<sup>244</sup> Cm	18.10 y	5804.77 <sup>5</sup> 5762.16 <sup>3</sup>	76.4 <sup>12</sup> 23.6 <sup>12</sup>	<sup>255</sup> Es	39.8 d	6301.0 <sup>17</sup> 6266.5 <sup>30</sup>	
<sup>245</sup> Cm	8500 y	5529.0 <sup>5</sup> 5361.1 <sup>11</sup> 5304.3 <sup>12</sup>	0.7 <sup>2</sup> 92.7 <sup>9</sup> 5.1 <sup>4</sup>	<sup>252</sup> Fm	25.39 h	7039 <sup>2</sup> 6998 <sup>2</sup>	84.0 <sup>5</sup> 15.0 <sup>2</sup>
<sup>247</sup> Cm	1.56×10 <sup>7</sup> y	5267 <sup>4</sup> 5212 <sup>4</sup> 4870 <sup>4</sup>	13.8 <sup>7</sup> 5.7 <sup>5</sup> 71.0 <sup>10</sup>	<sup>253</sup> Fm	3.00 d	7083 <sup>4</sup> 7023 <sup>4</sup> 6943 <sup>3</sup> 6901 <sup>4</sup> 6846 <sup>3</sup> 6673 <sup>3</sup>	
<sup>248</sup> Cm	3.40×10 <sup>5</sup> y	5078.38 <sup>25</sup> 5034.89 <sup>25</sup>	81.9 <sup>4</sup> 18.1 <sup>2</sup>	<sup>257</sup> Fm	100.5 d	6752 <sup>3</sup> 6519.5 <sup>14</sup>	0.58 <sup>6</sup> 93.8 <sup>7</sup>
<sup>245</sup> Bk	4.94 d	6354 <sup>5</sup> 6314 <sup>5</sup> 6150 <sup>4</sup> 6122 <sup>4</sup> 6085 <sup>3</sup> 5888 <sup>3</sup>					