

DETERMINAÇÃO DA MEIA VIDA DE ISÓTOPOS DE TELÚRIO: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE FÍSICA NUCLEAR

Julio C. Ruivo, Cibele B. Zamboni e Wagner F. Batista

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN - CNEN/SP
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP
julio.ruivo.costa@usp.br
czamboni@ipen.br
fisicawagner@gmail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a elaboração de material didático, para o ensino de física nuclear, utilizando dados experimentais de medidas de meia vida ($T_{1/2}$) de isótopos de Telúrio ($A= 127$ e 131). A escolha do Telúrio foi estabelecida por proporcionar dados nucleares, que são fundamentais em investigações relacionadas à estrutura nuclear, além de sua relevância no atual cenário científico, como sua utilização em áreas diversas (Geoquímica, Indústria Química e Farmacêutica, Astrofísica dentre outras). Para avaliação de desempenho da proposta, o material didático foi disponibilizado para alunos do Ensino Médio e estudantes de Iniciação Científica e transcorreu de forma eficiente, além de agregar uma ampla variedade de situações de aprendizagem ao trazer uma série de informações nucleares a situações do cotidiano, tais como: segurança nuclear, produção e armazenamento de material radioativo e conceitos de propriedades nucleares (decaimento radioativo, partículas subatômicas, emissão de radiação gama, meia vida, etc.), acabando por dar significado ao estudo da Física do Núcleo. Considerando-se o êxito da proposta pretende-se divulgar o uso desse material didático para professores de Física do Ensino Médio, por intermédio das Diretorias de Ensino, ligadas a Secretaria de Educação, e em eventos na área do Ensino de Física.

1. INTRODUÇÃO

Pedagogicamente uma característica, de certa forma desfavorável, no ensino da Física que envolve o núcleo atômico é o fato de seus fenômenos ocorrerem em escala microscópica. Esta característica faz desse ramo da Física um assunto pouco familiar e, por vezes, de difícil entendimento para alunos do Ensino Médio. Partindo desse princípio, este trabalho teve em foco a elaboração de material didático, utilizando esses dados experimentais de medidas de meia vida de isótopos radioativos de Telúrio, para o ensino de física nuclear. A escolha do Telúrio foi estabelecida pela sua relevância no atual cenário científico. Em síntese, este elemento foi descoberto em 1782 na Romênia e seu nome provém do latim “*tellus*” (terra). Encontra-se prioritariamente em estado puro ou, combinado com ouro, prata, chumbo e níquel. Trata-se de um elemento que tem sido utilizado em muitas áreas, como na Geoquímica (para estudo de fenômenos de adsorção de telúrio sólido), na Indústria Química (adsorção do telúrio em catalisadores), na indústria Farmacêutica (para síntese de moléculas com atividade farmacológica, gerando novos medicamentos), em Astrofísica (estudo da composição estelar), dentre outras áreas, além de proporcionar dados nucleares que são fundamentais em investigações relacionados à estrutura nuclear.

Para detalhar a elaboração do material didático faz necessário abordar, primeiramente, alguns conceitos fundamentais para o entendimento de algumas propriedades nucleares, como a lei do decaimento radioativo bem como o conceito de meia vida.

O decaimento radioativo é expresso em função da taxa de contagem emitida (numero de átomos) ao longo do tempo, $C(t)$, segundo a equação matemática:

$$C(t) = C_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

onde C_0 é o valor da taxa de contagem inicial e λ é a constante de decaimento.

Define-se por meia vida ($T_{1/2}$) o tempo necessário para que taxa de contagem decaia a metade da taxa inicial, $C(T_{1/2}) = C_0/2$. Desta forma,

$$C_0/2 = C_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \quad (2)$$

$$\ln(2) = \lambda T_{1/2} \quad (3)$$

$$T_{1/2} = 0,693/\lambda \quad (4)$$

Na pratica, para a medida de $T_{1/2}$, faz se necessário produzir os isótopos radiativos que se deseja investigar. Esses isótopos (^{127}Te e ^{131}Te selecionados para este estudo) podem ser gerados através da reação (n,γ) , utilizando-se o reator nuclear do IPEN.

Os parâmetros nucleares que foram utilizados para compor material didático são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades nucleares dos Isótopos de Telúrio

Isótopo de Te	(% isotópica) [1]	Reação nuclear NA(n, γ)NP	*Energia γ (keV)[1]	Meia vida [2,3]
^{126}Te	18,952	$^{126}\text{Te}(n,\gamma)^{127}\text{Te}$	417	~9 hs
^{130}Te	33,799	$^{130}\text{Te}(n,\gamma)^{131}\text{Te}$	1500	~19 min

NA: núcleo alvo

NP: núcleo produto

n: nêutron incidente

γ : radiação gama emitido

* energia da radiação gama utilizada para medida de $T_{1/2}$

A escolha de diferentes isótopos deve-se pela possibilidade de mostrar o calculo de diferentes medidas de meia vida, isto é, enquanto o decaimento radioativo do ^{127}Te é da ordem de 9 horas [2] para o ^{131}Te é estabelecido em torno de 20 minutos [3].

Em síntese, utilizando os espectros de raios gama, emitidos pelos isótopos radioativos de do ^{127}Te e ^{131}Te , é possível proporcionar aos alunos a manipulação e análise de dados de modo semelhante ao que se faz nos laboratórios de espectroscopia nuclear. Este material foi disponibilizado para alunos do Ensino Médio e estudantes de Iniciação Científica (IC) permitindo avaliar seu desempenho.

2. MATERIAL E METODOS

2.1. Determinação de Meia Vida dos Isótopos ^{127}Te e ^{131}Te

Para as medidas de meia vida varias amostras de telúrio natural (2 a 5 mg) foram submetidos ao feixe de nêutrons no Reator IEA-R1, por alguns minutos, e os espectros de raios gama gerados foram analisados por um detector de HPGe acoplado ao multicanal ADCAM (ORTEC-918 A), no Laboratório de Espectroscopia e Espectrometria das Radiações (LEER), ambas instalações do IPEN/CNEN-SP. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2 e confirmam medidas anteriores [2,3].

Tabela 2: Meia vida dos isótopos de Te

Isótopos de Telúrio ^ATe	Meia Vida ($T_{1/2}$)
^{127}Te	$9,363 \pm 0,005$ [2]
^{131}Te	$18,89 \pm 0,09$ [3]

A: número de Massa

2.2. Proposta Didática

Os dados experimentais de espectros de raios gama (obtidos no LEER) para cada isótopo radioativo de Te investigado (^{127}Te e ^{131}Te), foram dispostos em pastas de trabalhos utilizando os recursos do programa Excel (versão 2007 ou posterior) disponível na rede pública de educação do Estado de São Paulo. Para mostrar a manipulação dos dados será apresentada a planilha elaborada no Excel para o isótopo ^{131}Te .

2.2.1. Dados experimentais

Para a identificação das energias dos raios (análise qualitativa) e cálculo da meia vida do ^{131}Te foram disponibilizados 5 Pastas de Trabalho (PT1, PT2, PT3, PT4 e PT5):

PT1: contem os dados das energias utilizadas para execução da calibração (Figura 1);

PT2: contem os dados do espectro da amostra de ^{131}Te (Figura 2);

PT3: contem os dados do espectro da amostra de ^{131}Te em função do tempo (Figura 3);

PT4: dados da emissão gama de 1500 keV (Figura 4);

PT5: Dados da Meia vida utilizando a energia 1500keV(Figura 5).

Junto a esta material foram elaboradas duas tabelas:

Tabela i: contendo as energias para calibração usando as fontes do ^{60}Co , ^{137}Cs e ^{152}Eu [4];

Tabela ii: contendo as energias estabelecidas para o ^{131}Te [5];

Utilizando os dados da PT1 foi gerada a reta de calibração em energia (Figura 1).

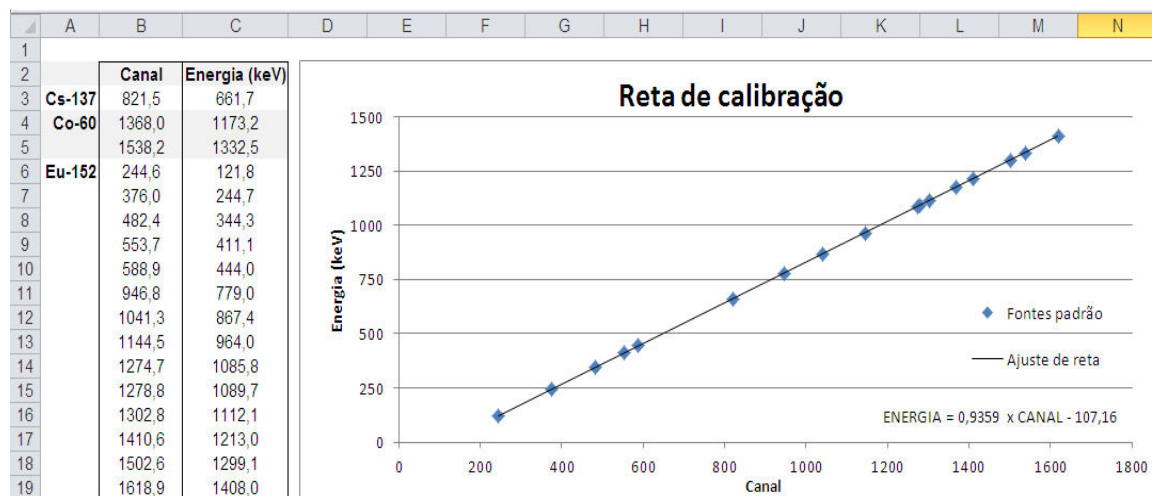


Figura 1: Visualização da reta de calibração gerada pelo programa Excel.

Utilizando a calibração em energia (PT1) e os dados da amostra de ^{131}Te (PT2) foi possível realizar uma análise qualitativa, utilizando os recursos do programa Excel para identificar a energia da transição gama passando o mouse sobre pico.

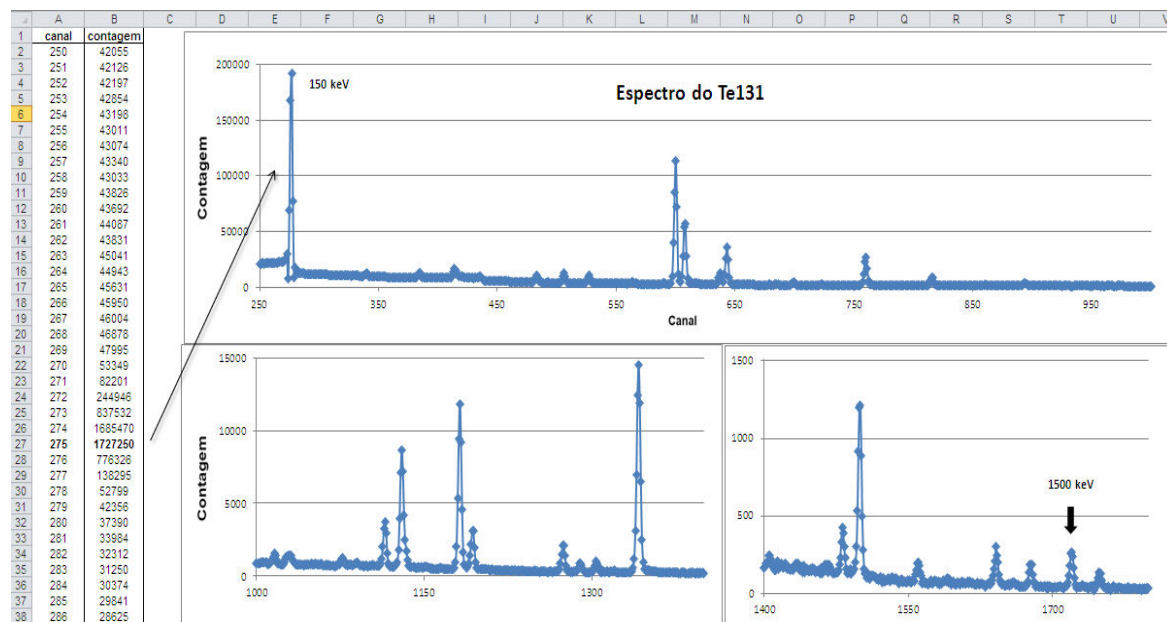


Figura 2: Visualização do Espectro de raios gama do ^{131}Te gerados pelo programa Excel.

Para a determinação da meia vida foram utilizados os dados da pasta PT3 (Figura 3), e a emissão gama de 1500 keV (canal 1718).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	canal	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min	65 min	70 min	75 min	80 min	bg
1701	1699	324	155	86	71	35	35	26	24	13	10	14	16	11	10	9	8	6
1702	1700	334	141	65	55	39	25	23	24	18	9	10	20	13	8	12	8	5
1703	1701	327	147	97	66	42	33	15	21	18	13	14	13	16	5	13	5	3
1704	1702	304	143	89	62	38	28	25	21	9	10	12	8	6	7	7	8	3
1705	1703	351	139	90	62	43	28	32	12	16	14	16	10	10	7	9	6	14
1706	1704	361	136	85	45	45	28	24	22	12	15	17	11	18	8	7	7	5
1707	1705	324	143	79	52	44	38	29	17	7	6	17	11	12	13	5	6	5
1708	1706	359	141	81	51	50	31	34	20	11	20	9	9	18	9	14	6	2
1709	1707	315	157	88	50	41	27	36	24	10	15	15	11	6	10	5	7	5
1710	1708	305	159	76	68	39	22	32	15	12	17	11	11	11	11	9	8	5
1711	1709	318	134	89	52	34	26	23	12	11	20	16	11	8	5	4	5	6
1712	1710	336	139	81	63	37	33	18	19	13	14	19	8	8	11	10	6	4
1713	1711	354	138	86	60	41	28	17	26	17	18	15	17	14	13	7	20	8
1714	1712	333	139	112	63	51	25	33	24	13	19	18	13	18	16	17	13	7
1715	1713	372	175	87	76	52	46	33	29	20	21	14	18	18	7	10	19	6
1716	1714	436	242	143	96	70	50	45	41	20	35	26	19	16	20	18	24	7
1717	1715	575	298	215	139	118	95	76	52	55	39	37	40	29	25	28	21	8
1718	1716	715	414	306	236	180	143	116	96	94	71	70	44	46	39	32	30	11
1719	1717	880	549	412	335	261	206	159	136	117	96	79	72	66	55	41	45	6
1720	1718	923	628	437	334	266	238	191	134	137	126	93	83	71	55	59	47	9
1721	1719	849	523	381	338	238	206	149	132	107	108	99	67	66	47	43	37	13
1722	1720	638	373	298	231	163	125	94	89	67	57	56	53	47	25	35	29	7
1723	1721	478	244	175	122	103	65	55	42	36	24	24	28	19	20	16	12	7
1724	1722	368	181	115	77	53	36	35	20	21	25	16	13	15	14	15	17	5
1725	1723	343	160	97	52	38	34	33	28	13	12	11	7	8	12	7	9	8
1726	1724	326	153	89	41	40	23	17	20	19	13	10	12	11	13	11	8	5
1727	1725	332	141	68	58	43	36	31	22	21	14	12	14	16	7	15	9	3
1728	1726	387	171	98	57	43	33	31	21	27	21	22	14	14	16	17	15	9
1729	1727	304	138	96	66	39	44	38	36	27	19	18	20	19	21	16	12	17
1730	1728	308	154	87	46	41	28	18	42	26	17	16	13	12	12	10	9	9
1731	1729	324	148	90	53	56	36	24	21	21	17	15	18	12	10	19	14	6
1732	1730	325	122	81	52	47	39	18	24	17	20	7	15	11	10	11	7	6
1733	1731	290	148	67	39	43	18	25	21	12	10	8	15	6	9	11	4	9
1734	1732	332	144	80	54	44	24	22	19	11	15	10	9	8	10	10	7	4
1735	1733	372	116	80	48	43	19	25	12	14	10	12	17	11	5	13	7	5
1736	1734	291	125	75	46	41	21	30	20	15	16	10	6	7	6	11	8	3
1737	1735	320	123	73	58	28	25	18	24	14	10	17	13	10	7	2	7	4
1738	1736	305	136	66	16	10	22	16	18	20	16	13	5	4	9	11	10	6

Figura 3: Visualização da Pasta de Trabalho do Excel com os dados experimentais do ^{131}Te : cada coluna representa a aquisição do espectro de raios gama por 5 minutos (região de energia de 1500keV).

A área da emissão do raio gama de 1500 keV foi calculada somando as contagens dos canais correspondentes a sua posição (do canal 1700 ao 1740); Este procedimento foi realizado nos 16 espectros consecutivos de ^{131}Te . Na Figura 4(a), à esquerda, é exibida a comparação de um espectro de ^{131}Te com o fundo, na região de interesse; Na Figura 4(b), à direita, são exibidas áreas da transição de 1500 keV.

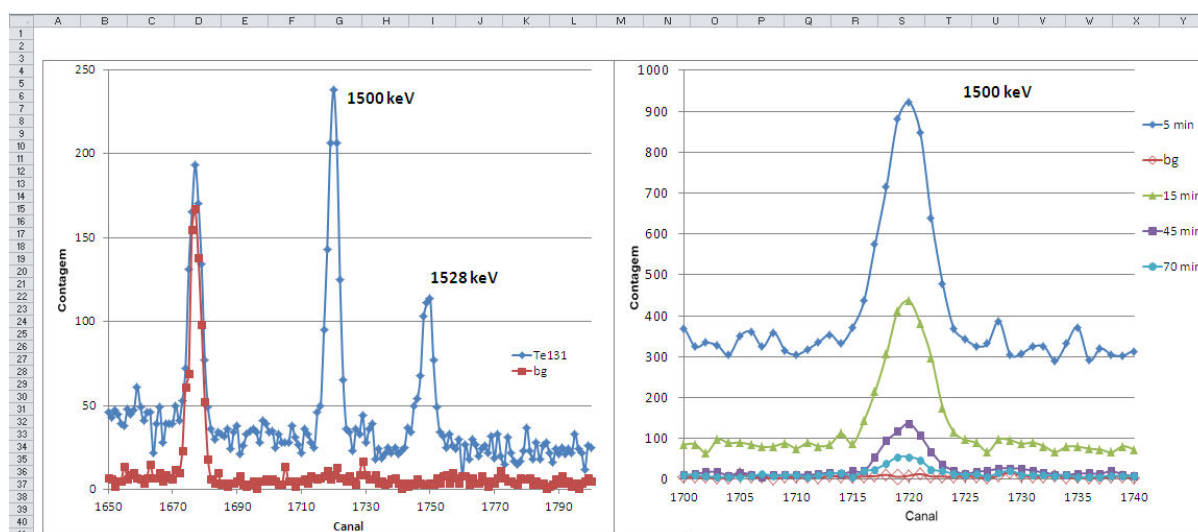


Figura 4: (a) Visualização da região de 1500 keV no espectro de ^{131}Te . (b) Visualização de dados experimentais referente à transição de 1500 keV.

À medida que a área da energia de 1500 keV era calculada, um gráfico do número de contagem (área) em função tempo (5 minutos) era traçado mostrando o comportamento da taxa de contagens em função do tempo (Figura 5).

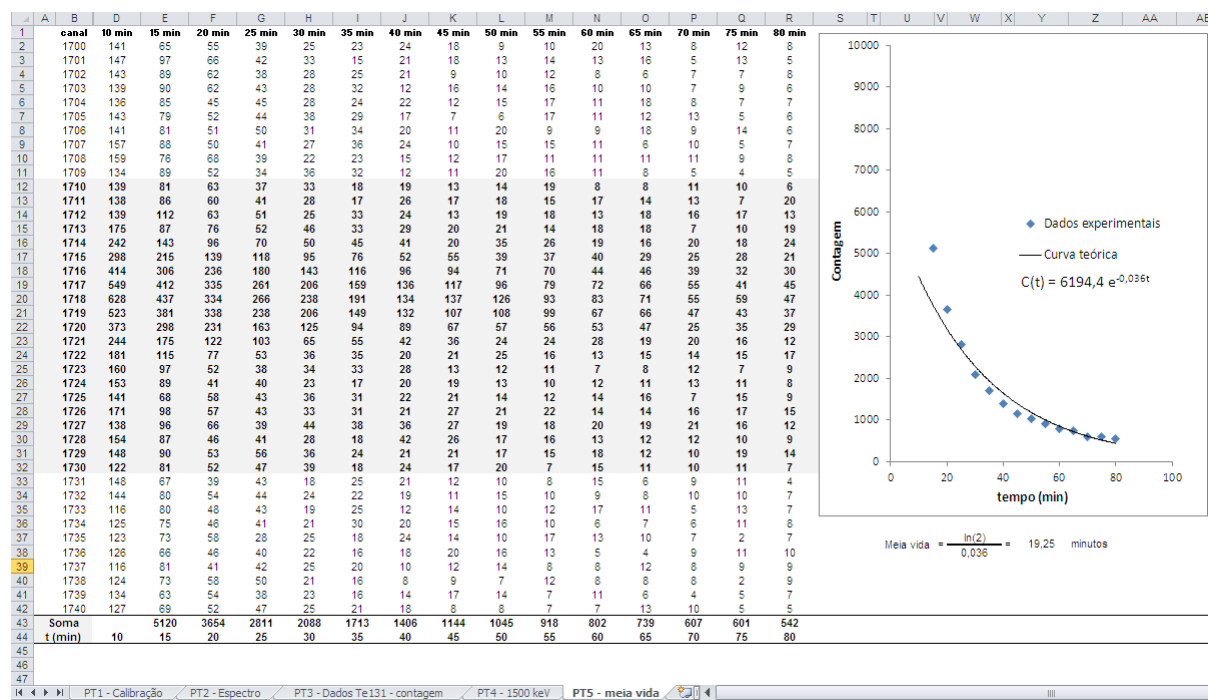


Figura 5– Pasta de trabalho do Excel (PT5) utilizada para o cálculo da meia vida do ^{131}Te .

Esta manipulação de dados foi aplicada a 16 alunos da 3ª série do Ensino Médio, na Escola Estadual Professora Maria Aparecida Nigro Gava (São Paulo) e para alunos de Iniciação Científica (IPEN). A execução da proposta teve duas etapas bem distintas: na primeira foram introduzidos os aspectos teóricos e na segunda foi feita a manipulação dados experimentais utilizando o programa Excel.

Particularmente para os alunos de ensino médio, como ponto de partida, foi realizada uma discussão em sala de aula com o intuito de avaliar o grau de conhecimento dos alunos com relação aos temas Núcleo Atômico e Radioatividade, complementando o material já disponível na rede publica. A apresentação de todas as Pastas de Trabalho (PT), com os dados experimentais, foi realizada logo após a familiarização com os temas em 4 aulas de 45 minutos.

A realização de atividades que envolvem o uso de computadores, após as aulas teóricas foi recebida com entusiasmo pelos alunos e mostrou bons resultados no aprendizado de conceitos da Física do núcleo, isto é, 87,5% dos alunos concluíram as atividades com total aproveitamento.

Com relação aos alunos de IC foi possível uma discussão mais ampla dos aspectos teóricos além de ser possível uma avaliação experimental de maior rigor, levando-se em conta o tratamento estatístico detalhado (incerteza das medidas e propagação de erros).

3. CONCLUSÃO

A proposta didática elaborada permitiu a manipulação dos dados experimentais gerando conhecimento de propriedades nucleares aos alunos (Ensino Médio e Iniciação Científica), de forma similar ao que se realiza em laboratórios de espectroscopia nuclear, e de mostrar a necessidade de utilizar conhecimentos de outras áreas (matemática e informática) além da física.

Outro aspecto a destacar é a possibilidade de apresentar esse material didático para professores de Física do Ensino Médio, por intermédio das Diretorias de Ensino (ligadas a Secretaria de Educação do Estado de São Paulo) o que pode levar a modificações e/ou implementações no curso visando melhorias e atualizações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro a Escola.

REFERÊNCIAS

1. R. B. Firestone and V. S. Shirley, *Table of Isotopes*, 8^a ed., Wiley, New York, USA (1996).
2. W. F. Batista, C.B. Zamboni, “Half-life of ^{127}Te ”, *AIP Conference Proceedings*, 1139, pp.204-205 (2009).
3. J. C. Ruivo, C. B. Zamboni, N. H. Medina and J. R. B. Oliveira “The Half-life of $^{131\text{g,m}}\text{Te}$ ”, *AIP Conference Proceedings*, 1529, pp.187-188 (2012).
4. IEEA-TECDOC-619, “X-Ray and Gamma Ray Standards for Detector Calibration”, (1991).
5. Y. U. Khazov, I. Mitropolsky, A. Rodionov, “Nuclear Data Sheets for A = 131”, *Nuclear Data Sheets*, **107**, pp.2782-2785 (2006).