

С 342.В

е+✓

Бразевич Э. и др.

Б1-18-82-96.

2420/82



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б1-18-82-96

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1982

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория нейтронной физики

Б 1 - 18 - 82 - 96

Э.Бразевич, Я.Бразевич, Лю Зай Ик, Г.М.Осетинский,
А.Нурев^э

ТАБЛИЦЫ ПОЛНЫХ МАССОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОСЛАБЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИ-
СТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ К - И L - СЕРИИ
В ВОЗДУХЕ

08. 02. 82

Объединенный институт ядерных исследований
Лаборатория нейтронной физики
БИБЛИОТЕКА

Дубна, 1981 г.

А н н о т а ц и я

Настоящие таблицы содержат расчетные значения полных массовых коэффициентов ослабления в воздухе при прохождении через него характеристического рентгеновского K_{α} - и K_{β} -излучения от элементов с порядковым номером Z , находящимся в интервале $11 \leq Z \leq 50$ и L_{α}^{-} , L_{β}^{-} , L_{γ} -излучений от элементов $37 \leq Z \leq 94$.

Введение

При детектировании характеристического рентгеновского излучения, образуемого при возбуждении исследуемой мишени пучком ускоренных ионов, довольно часто это излучение ослабляется слоем воздуха на пути от мишени до детектора. Для учета этого явления необходимо знание массовых коэффициентов ослабления (μ_g) в воздухе для различных энергий. В настоящий момент данные по μ_g в воздухе известны лишь для K_α излучений от элементов, находящихся в интервале $Z: 22 \leq Z \leq 50$, что для ряда задач, связанных с определением элементного состава, явно недостаточно. Настоящая работа устраняет этот пробел. В работе приводятся расчетные значения полных массовых коэффициентов ослабления характеристического рентгеновского излучения в воздухе при прохождении $K_\alpha, K_\beta, L_\alpha, L_\beta, L_\gamma$ излучений от элементов с порядковым номером Z , находящимся в интервале $11 \leq Z \leq 94$. Данные представлены в виде таблиц и графика.

Расчет полных массовых коэффициентов ослабления в воздухе проводился с использованием формулы вида

$$\mu_g(\epsilon) = \sum_{i=1}^n \mu_{gi}(\epsilon) P_i \quad (I)$$

где μ_{gi} - массовый коэффициент ослабления элемента, входящего в состав воздуха. При расчетах принимался состав, указанный в таблице I. P_i - массовая концентрация элемента i входящего в состав воздуха, при влажности $0\%/21$, ϵ - энергия рентгеновского излучения.

Расчет величины μ_g проводился по следующей схеме. Из работы^{/3/} взяты значения μ_{gi} при 45 значениях энергии характеристического рентгеновского излучения в интервале энергий I-3I КэВ. Для каждого из элементов, входящих в состав воздуха, и для каждой из взятых энергий по формуле (I) рассчитывались значения $\mu_g(\epsilon)$ в воздухе. Переход от полученных значений $\mu_g(\epsilon)$ в воздухе к значениям коэффициентов ослабления для энергий излучения, соответствующим излучению K-, L- серий от элементов с Z , находящимся в интервале $11 \leq Z \leq 94$, проводился аппроксимацией полученных значений μ_g полиномом

$$\ln [\mu_g(\epsilon)] = \sum_{k=1}^m A_k \epsilon^{k-1} \quad (2)$$

где A_k - коэффициенты полинома $(k-1)$ степени, m - число параметров.

Аппроксимация проводилась на ЭВМ СДС-6500 по стандартной программе ОИЯИ FUMILI^{/4/}.

Таким методом были получены значения μ_g для K_{α^-} , K_{β} излучений от Na до Sn, а для L_{α} , L_{β} , L_{γ} излучений - от Rb до Pu.

Энергия K_{α} - серии определялась как средне-взвешенное значение энергии для K_{α_1} , K_{α_2} переходов с учетом вероятности этих переходов. Аналогично энергия K_{β} переходов - как средневзвешенное значение K_{β_1} , K_{β_2} , K_{β_3} переходов, L_{α} - как средневзвешенное значение L_{α_1} , L_{α_2} переходов. Причем принимается $L_{\beta} = L_{\beta_1}$, $L_{\gamma} = L_{\gamma_1}$ ^{/5,6/}.

Результаты расчета представлены в таблице II, где в первом столбце приведен порядковый номер элемента, излучающего характеристическое рентгеновское излучение с энергией E . Значения

этой энергии приведены в 4-м столбце таблицы. В 5-м столбце приведены полные массовые коэффициенты ослабления в воздухе в $\text{см}^2/\text{г}$. На графике рисунка I приведены результаты расчета (круглые точки). На оси абсцисс рисунка - энергия рентгеновского излучения (кэВ). На оси ординат - величина μ_g . Сплошная кривая - результат экстраполяции этих значений полиномом уравнения (2). На этом же рисунке, для сравнения, приведены (в виде треугольников) экспериментальные данные μ_g , взятые из работы /1/. Видно, что в интервалах ϵ , где можно проводить сравнение, данные в пределах ошибок (3-5%) хорошо согласуются между собой.

Отметим, что при составлении таблиц влажность воздуха не учитывалась. Проведенная оценка изменения величины μ_g в предположении 100% влажности для заведомо завышенной длины пути рентгеновского излучения в воздухе (100 мм) показала, что при этих предположениях, μ_g , изменяется на величину, в несколько раз меньшую ошибки в определении самой величины.

Литвин
И.И.Т.С.В.
В.Б.Розенберг
В

Таблица I

Компо- нент	Содержание		Компо- нент	Содержание	
	% (об.)	% (масс.)		% (об.)	% (масс)
N ₂	78,09	75,50	Kr	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
O ₂	20,95	23,15	H ₂	$5 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$
Ar	0,933	1,292	N ₂ O	$5 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$
CO ₂	0,03	0,046	Xe	$8,6 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-7}$
Ne	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	O ₃	$3 \cdot 10^{-7} + 3 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7} +$ $+ 5 \cdot 10^{-6}$
He	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$	Rn	$6 \cdot 10^{-18}$	$4,5 \cdot 10^{-17}$
CH ₄	$1,52 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-5}$			

Литература

1. R.H.Miller and J.R.Greening. J. of Phys. B, 1974, v. 7, No 17, p. 2332.
2. В.А.Рабинович, Э.Я.Хавин. Краткий химический справочник, издат. "Химия", Ленинградское объединение, 1978 г.
3. Н.П.Комяк. Таблицы полных массовых коэффициентов ослабления характеристического рентгеновского излучения, ЛНПО "Буревестник", Ленинград, 1978 г.
4. И.Н.Силин. ОИЯИ, II-3362, Дубна, 1963 г.
5. E.C.Montenegro et al. Atomic Data and Nuclear Data Tables, 1978, v. 22, p. 131.
6. Э.Бразевич и др. ОИЯИ, Б1-18-81-319, Дубна, 1981 г.

по Зай Ум.
Александр
1978

Подписи к рисункам

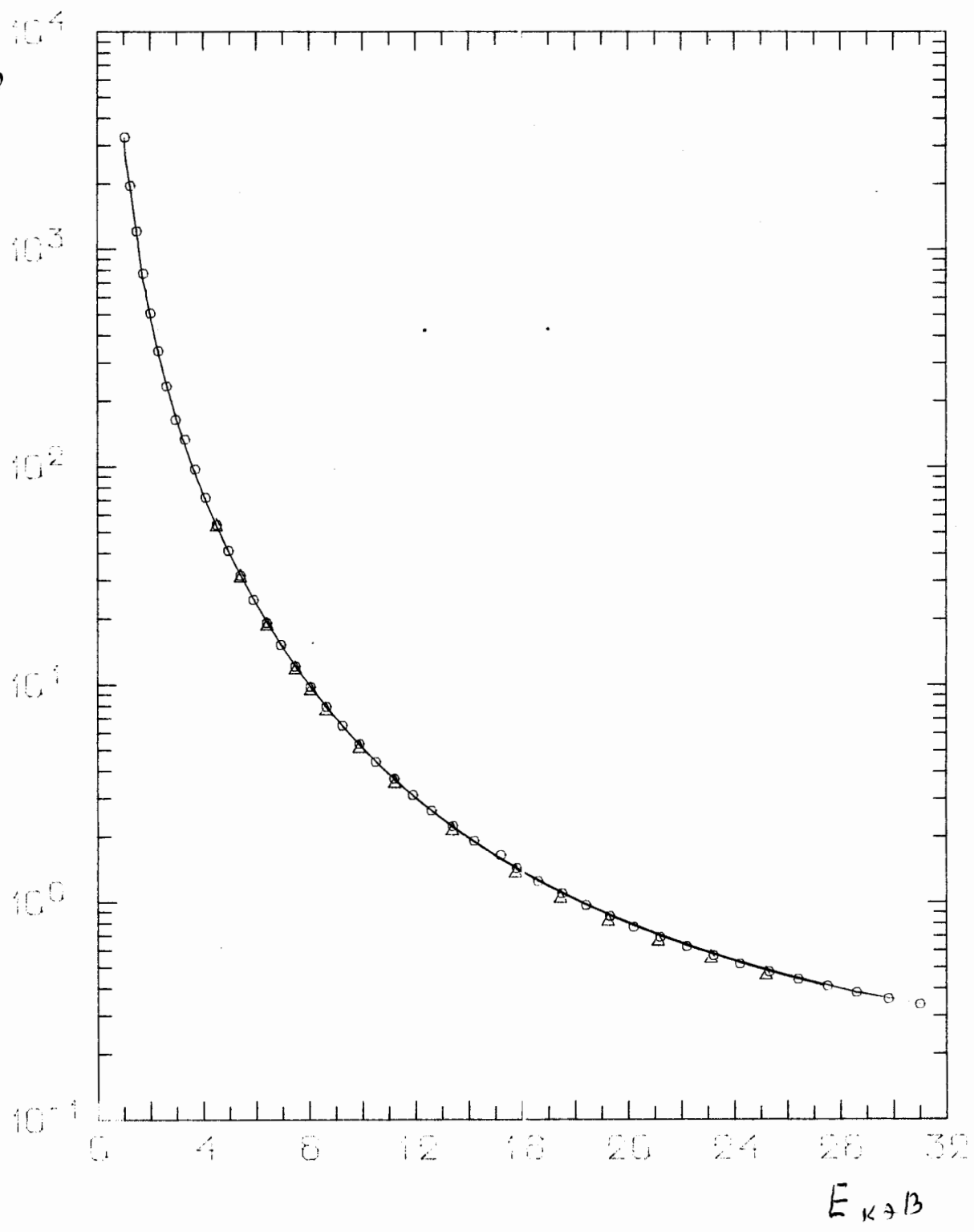
Рис. I. График полных массовых коэффициентов ослабления в воздухе - $\mu = f(Z)$.

Круглые точки - результат расчета.

Треугольные точки - экспериментальные данные работы /1/.

Сплошная кривая - результаты аппроксимации экспер. точек по формуле (2).

M_p



X-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS FOR AIR

Z	EL	X-RAY	E (KEV)	MAC (CMSQ/G)
11	NA	K-ALPHA K-BETHA	1.041 1.067	.32579E+04 .27647E+04
12	MG	K-ALPHA K-BETHA	1.255 1.295	.19378E+04 .18138E+04
13	AL	K-ALPHA K-BETHA	1.487 1.553	.12361E+04 .10802E+04
14	SI	K-ALPHA K-BETHA	1.739 1.838	.76275E+03 .64741E+03
15	P	K-ALPHA K-BETHA	2.015 2.142	.49773E+03 .41986E+03
16	S	K-ALPHA K-BETHA	2.307 2.468	.34243E+03 .28485E+03
17	CL	K-ALPHA K-BETHA	2.622 2.817	.24154E+03 .19852E+03
18	AR	K-ALPHA K-BETHA	2.957 3.191	.17397E+03 .14121E+03
19	K	K-ALPHA K-BETHA	3.312 3.589	.12749E+03 .10217E+03
20	CA	K-ALPHA K-BETHA	3.690 4.012	.94612E+02 .74965E+02
21	SC	K-ALPHA K-BETHA	4.088 4.459	.71132E+02 .55701E+02
22	TI	K-ALPHA K-BETHA	4.538 4.931	.54003E+02 .41810E+02
23	V	K-ALPHA K-BETHA	4.949 5.427	.41374E+02 .31686E+02
24	CR	K-ALPHA K-BETHA	5.411 5.947	.31959E+02 .24229E+02
25	MN	K-ALPHA K-BETHA	5.895 6.492	.24865E+02 .18682E+02

X-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS FOR AIR

Z	EL	X-RAY	E (KEV)	MAC (CM ² /G)
25	FE	K-ALPHA K-BETHA	6.400 7.059	.19493E+02 .14544E+02
27	CO	K-ALPHA K-BETHA	6.925 7.649	.15404E+02 .11427E+02
28	NI	K-ALPHA K-BETHA	7.472 8.265	.12260E+02 .90515E+01
29	CU	K-ALPHA K-BETHA	8.041 8.907	.98314E+01 .72308E+01
30	ZN	K-ALPHA K-BETHA	8.631 9.572	.79466E+01 .58322E+01
31	GA	K-ALPHA K-BETHA	9.243 10.263	.64728E+01 .47449E+01
32	GE	K-ALPHA K-BETHA	9.876 10.983	.53153E+01 .38910E+01
33	AS	K-ALPHA K-BETHA	10.532 11.729	.43976E+01 .32189E+01
34	SE	K-ALPHA K-BETHA	11.210 12.502	.36668E+01 .26854E+01
35	BR	K-ALPHA K-BETHA	11.907 13.299	.30833E+01 .22604E+01
36	KR	K-ALPHA K-BETHA	12.630 14.126	.26096E+01 .19159E+01
37	RB	K-ALPHA K-BETHA	13.375 14.979	.22252E+01 .16387E+01
38	SR	K-ALPHA K-BETHA	14.142 15.859	.19110E+01 .14115E+01
39	Y	K-ALPHA K-BETHA	14.933 16.766	.16521E+01 .12247E+01
40	ZR	K-ALPHA K-BETHA	15.746 17.700	.14379E+01 .10701E+01

X-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS FOR AIR

Z	EL	X-RAY	E (KEV)	MAC (CMSQ/G)
41	NB	K-ALPHA	16.584	.12590E+01
		K-BETHA	18.660	.94141E+00
42	MO	K-ALPHA	17.443	.11094E+01
		K-BETHA	19.648	.83337E+00
43	TC	K-ALPHA	18.327	.98398E+00
		K-BETHA	20.663	.74221E+00
44	RU	K-ALPHA	19.234	.87603E+00
		K-BETHA	21.705	.66483E+00
45	RH	K-ALPHA	20.167	.78455E+00
		K-BETHA	22.778	.59856E+00
46	PD	K-ALPHA	21.122	.70633E+00
		K-BETHA	23.876	.54181E+00
47	AG	K-ALPHA	22.103	.63884E+00
		K-BETHA	25.007	.49263E+00
48	CD	K-ALPHA	23.108	.58045E+00
		K-BETHA	26.165	.45002E+00
49	IN	K-ALPHA	24.138	.52966E+00
		K-BETHA	27.353	.41285E+00
50	SN	K-ALPHA	25.192	.48534E+00
		K-BETHA	28.570	.38030E+00

X-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS FOR AIR

Z	EL	X-RAY	E (KEV)	MAC (CM ² /G)
37	RB	L-ALPHA	1.694	.82567E+03
		L-BETHA	1.752	.74590E+03
		L-GAMMA	---	---
33	SR	L-ALPHA	1.806	.68162E+03
		L-BETHA	1.871	.61477E+03
		L-GAMMA	---	---
33	Y	L-ALPHA	1.922	.56902E+03
		L-BETHA	1.995	.51190E+03
		L-GAMMA	---	---
43	ZR	L-ALPHA	2.042	.47951E+03
		L-BETHA	2.124	.42377E+03
		L-GAMMA	2.302	.34447E+03
41	NB	L-ALPHA	2.166	.40714E+03
		L-BETHA	2.257	.36360E+03
		L-GAMMA	2.461	.28705E+03
42	MO	L-ALPHA	2.293	.34818E+03
		L-BETHA	2.394	.30950E+03
		L-GAMMA	2.623	.24128E+03
43	TC	L-ALPHA	2.424	.29917E+03
		L-BETHA	2.536	.26451E+03
		L-GAMMA	2.792	.20351E+03
44	RU	L-ALPHA	2.558	.25836E+03
		L-BETHA	2.683	.22685E+03
		L-GAMMA	2.964	.17285E+03
45	RH	L-ALPHA	2.696	.22389E+03
		L-BETHA	2.834	.19538E+03
		L-GAMMA	3.143	.14721E+03
45	PD	L-ALPHA	2.838	.19463E+03
		L-BETHA	2.990	.16877E+03
		L-GAMMA	3.327	.12592E+03
47	AG	L-ALPHA	2.983	.16985E+03
		L-BETHA	3.151	.14618E+03
		L-GAMMA	3.519	.10788E+03
43	CD	L-ALPHA	3.132	.14863E+03
		L-BETHA	3.317	.12696E+03
		L-GAMMA	3.718	.92650E+02

X-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS FOR AIR

Z	EL	X-RAY	E (KEV)	MAC (CMSQ/G)
49	IN	L-ALPHA	3.286	.13028E+03
		L-BETHA	3.487	.11063E+03
		L-GAMMA	3.922	.79865E+02
51	SN	L-ALPHA	3.443	.11458E+03
		L-BETHA	3.663	.96555E+02
		L-GAMMA	4.132	.69030E+02
51	SB	L-ALPHA	3.603	.10107E+03
		L-BETHA	3.844	.84459E+02
		L-GAMMA	4.350	.59737E+02
52	TE	L-ALPHA	3.768	.89278E+02
		L-BETHA	4.029	.74084E+02
		L-GAMMA	4.572	.51885E+02
53	I	L-ALPHA	3.937	.79019E+02
		L-BETHA	4.219	.65108E+02
		L-GAMMA	4.802	.45111E+02
54	XE	L-ALPHA	4.109	.70118E+02
		L-BETHA	4.416	.57250E+02
		L-GAMMA	5.039	.39283E+02
55	CS	L-ALPHA	4.285	.62325E+02
		L-BETHA	4.620	.50367E+02
		L-GAMMA	5.281	.34300E+02
55	BA	L-ALPHA	4.466	.55455E+02
		L-BETHA	4.829	.44392E+02
		L-GAMMA	5.531	.29979E+02
57	LA	L-ALPHA	4.650	.49448E+02
		L-BETHA	5.043	.39193E+02
		L-GAMMA	5.792	.26189E+02
58	CE	L-ALPHA	4.838	.44156E+02
		L-BETHA	5.263	.34642E+02
		L-GAMMA	6.059	.22930E+02
59	PR	L-ALPHA	5.031	.39463E+02
		L-BETHA	5.489	.30653E+02
		L-GAMMA	6.328	.20160E+02
61	ND	L-ALPHA	5.228	.35318E+02
		L-BETHA	5.721	.27156E+02
		L-GAMMA	6.605	.17745E+02

X-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS FOR AIR

Z	EL	X-RAY	E (KEV)	MAC (CM ² /G)
51	PM	L-ALPHA	5.429	.31652E+02
		L-BETHA	5.961	.24062E+02
		L-GAMMA	6.891	.15632E+02
62	SM	L-ALPHA	5.635	.28389E+02
		L-BETHA	6.206	.21359E+02
		L-GAMMA	7.185	.13792E+02
63	EU	L-ALPHA	5.843	.25522E+02
		L-BETHA	6.457	.18985E+02
		L-GAMMA	7.484	.12201E+02
64	GD	L-ALPHA	6.055	.22975E+02
		L-BETHA	6.713	.16905E+02
		L-GAMMA	7.790	.10816E+02
65	TB	L-ALPHA	6.269	.20728E+02
		L-BETHA	6.978	.15056E+02
		L-GAMMA	8.104	.96032E+01
66	DY	L-ALPHA	6.491	.18690E+02
		L-BETHA	7.248	.13435E+02
		L-GAMMA	8.424	.85476E+01
67	HO	L-ALPHA	6.717	.16875E+02
		L-BETHA	7.526	.11998E+02
		L-GAMMA	8.753	.76189E+01
68	ER	L-ALPHA	6.945	.15271E+02
		L-BETHA	7.811	.10728E+02
		L-GAMMA	9.088	.68083E+01
69	TM	L-ALPHA	7.175	.13850E+02
		L-BETHA	8.102	.96103E+01
		L-GAMMA	9.430	.60975E+01
70	YB	L-ALPHA	7.410	.12571E+02
		L-BETHA	8.401	.86181E+01
		L-GAMMA	9.780	.54714E+01
71	LU	L-ALPHA	7.649	.11427E+02
		L-BETHA	8.708	.77376E+01
		L-GAMMA	10.139	.49180E+01
72	HF	L-ALPHA	7.893	.10397E+02
		L-BETHA	9.023	.69561E+01
		L-GAMMA	10.515	.44185E+01

X-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS FOR AIR

Z	EL	X-RAY	E (KEV)	MAC (CMSQ/G)
73	TA	L-ALPHA	8.139	.94795E+01
		L-BETHA	9.343	.62683E+01
		L-GAMMA	10.896	.39821E+01
74	W	L-ALPHA	8.389	.86552E+01
		L-BETHA	9.670	.56582E+01
		L-GAMMA	11.285	.35968E+01
75	RE	L-ALPHA	8.664	.78561E+01
		L-BETHA	10.007	.51123E+01
		L-GAMMA	11.684	.32545E+01
75	OS	L-ALPHA	8.904	.72381E+01
		L-BETHA	10.354	.46233E+01
		L-GAMMA	12.094	.29495E+01
77	IR	L-ALPHA	9.167	.66344E+01
		L-BETHA	10.708	.41894E+01
		L-GAMMA	12.513	.26788E+01
78	PT	L-ALPHA	9.434	.60898E+01
		L-BETHA	11.071	.38018E+01
		L-GAMMA	12.942	.24376E+01
79	AU	L-ALPHA	9.704	.55995E+01
		L-BETHA	11.443	.34554E+01
		L-GAMMA	13.381	.22224E+01
80	HG	L-ALPHA	9.979	.51546E+01
		L-BETHA	11.824	.31455E+01
		L-GAMMA	13.829	.20307E+01
81	TL	L-ALPHA	10.257	.47531E+01
		L-BETHA	12.212	.28694E+01
		L-GAMMA	14.290	.18581E+01
82	PB	L-ALPHA	10.541	.43866E+01
		L-BETHA	12.614	.26189E+01
		L-GAMMA	14.765	.17024E+01
83	BI	L-ALPHA	10.828	.40554E+01
		L-BETHA	13.025	.23946E+01
		L-GAMMA	15.250	.15631E+01
84	PO	L-ALPHA	11.119	.37544E+01
		L-BETHA	13.446	.21930E+01
		L-GAMMA	15.746	.14379E+01

X-RAY MASS ATTENUATION COEFFICIENTS FOR AIR

Z	EL	X-RAY	E (KEV)	MAG(CMSQ/G)
85	AT	L-ALPHA	11.415	.34798E+01
		L-BETHA	13.876	.20120E+01
		L-GAMMA	16.252	.13255E+01
85	RN	L-ALPHA	11.714	.32307E+01
		L-BETHA	14.315	.18494E+01
		L-GAMMA	16.769	.12242E+01
87	FR	L-ALPHA	12.016	.30043E+01
		L-BETHA	14.768	.17015E+01
		L-GAMMA	17.301	.11321E+01
88	RA	L-ALPHA	12.322	.27975E+01
		L-BETHA	15.231	.15682E+01
		L-GAMMA	17.846	.10488E+01
89	AC	L-ALPHA	12.635	.26057E+01
		L-BETHA	15.712	.14459E+01
		L-GAMMA	18.408	.97258E+00
90	TH	L-ALPHA	12.952	.24323E+01
		L-BETHA	16.203	.13357E+01
		L-GAMMA	18.980	.90402E+00
91	PA	L-ALPHA	13.274	.22722E+01
		L-BETHA	16.705	.12360E+01
		L-GAMMA	19.568	.84134E+00
92	U	L-ALPHA	13.602	.21246E+01
		L-BETHA	17.220	.11454E+01
		L-GAMMA	20.168	.78447E+00
93	NP	L-ALPHA	13.930	.19909E+01
		L-BETHA	17.750	.10627E+01
		L-GAMMA	20.784	.73246E+00
94	PU	L-ALPHA	14.265	.18669E+01
		L-BETHA	18.297	.98698E+00
		L-GAMMA	21.421	.68452E+00