

Física de Radiaciones 2
Primer parcial
25/09/2025

1. Un haz colimado de 10^5 fotones de 6 MeV impacta en un gran bloque de carbono de 10 cm de espesor.
 - 1.1 Determine el porcentaje de fotones del haz primario que interactúa en 1 mm de espesor a 5 cm de profundidad.
 - 1.2 Ídem para todo el bloque.
2. En un acelerador lineal clínico, la fluencia de la radiación de frenado se obtiene a partir de irradiar un blanco de tungsteno con electrones de alta energía. La fluencia a la salida del haz tiene una distribución angular dada por $\Phi(\theta) = \Phi(0)/(1 + (0,58T\theta)^{1.4})$, donde T es la energía de los electrones en MeV y θ el ángulo en radianes de los fotones (Fig. 1). La energía de los electrones en el acelerador es de 21 MeV, mientras que la energía de los fotones producidos es 6 MeV.

Determine la fluencia de fotones a una distancia de 100 cm y a 20 cm del eje central (véase Fig 1). Asuma que todo el dispositivo está en agua, que tiene una densidad de $1,000 \text{ g/cm}^3$ y un coeficiente másico de atenuación lineal de $0,0276 \text{ cm}^2/\text{g}$ para fotones de 6 MeV.

3. Para aplanar la fluencia, se agrega un filtro de plomo al esquema de la Figura 1, de forma que la fluencia sea aproximadamente la misma en toda la superficie a irradiar. Asumiendo ahora que todo el dispositivo está en aire (Fig. 2), determine el espesor del filtro para que la fluencia de fotones primarios en el eje central sea igual a la fluencia en los bordes.
4. Se considera un volumen microscópico V en el que tienen lugar los siguientes procesos elementales: un rayo gamma de energía $h\nu_1$ se desintegra en un par electrón – positrón, de energías T_1 y T_2 , respectivamente, y el positrón finalmente se aniquila en el volumen V en dos fotones, cuando tiene una energía cinética T_3 .
 - 4.1 Calcule la energía impartida, la energía transferida y la energía transferida neta en función de $h\nu_1$ y T_3 .
 - 4.2 Ídem en función de T_1 , T_2 y T_3 .

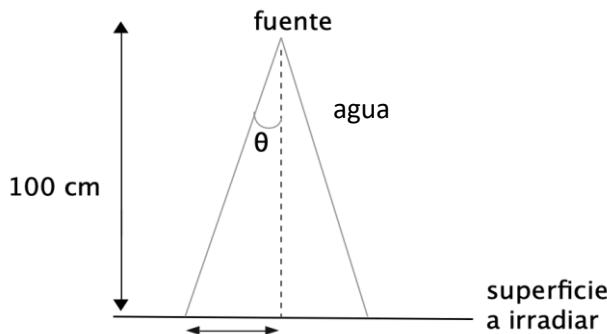
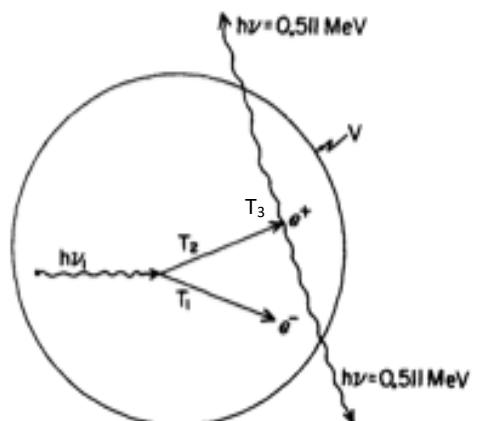


Figura 1

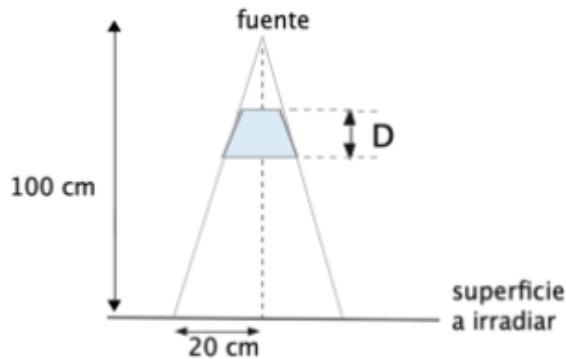


Figura 2

TABLE A-4b RADIOLOGICAL PROPERTIES OF CARBON

Z=6	$\rho = 2250 \text{ kg/m}^3$	$3.008 \times 10^{26} \text{ elect./kg}$	$A=12.011$							
		$5.014 \times 10^{25} \text{ atom/kg}$								
Photon energy $h\nu$	Basic Coefficients in $(10^{-24} \frac{\text{cm}^2}{\text{atom}})$ or $(10^{-28} \frac{\text{m}^2}{\text{atom}})$		Interaction coef. in [cm^2/g] (To get [m^2/kg] divide by 10)		Av. energy transferred or absorbed	Stopping power S in $\frac{\text{MeV cm}^2}{\text{g}}$				
	σ_{coh} coh.	σ_{inc} incoh.	τ photo	κ pair	$(\frac{\mu}{\rho})$	$(\frac{\mu_{\text{tr}}}{\rho})$	$(\frac{\mu_{\text{ab}}}{\rho})$	\bar{E}_{tr}	\bar{E}_{ab}	\bar{S}^*
[keV]										
1	21.57	.2525	43820.		2198.	2197.		1.00		
1.5	19.21	.5016	14130.		709.4	708.5		1.50		93.4
2	16.69	.7730	6107.		307.1	306.2		1.99		82.6
3	12.30	1.283	1793.		90.58	89.89		2.98		68.2
4	9.243	1.690	731.7		37.23	36.68		3.94		58.3
5	7.218	1.990	360.3		18.53	18.07		4.88		51.1
6	5.857	2.208	200.4		10.45	10.05		5.77		45.7
8	4.204	2.503	78.54		4.274	3.940		7.38		37.9
10	3.247	2.704	37.66		2.187	1.891		8.65		32.6
15	1.958	3.023	9.770		.7396	.4945		10.0		24.8
20	1.294	3.192	3.725		.4117	.1930		9.38		20.2
30	.6719	3.307	.9539		.2473	.0570		6.91		16.1
40	.4082	3.300	.3634		.2041	.0297		5.83		16.0
50	.2735	3.252	.1725		.1854	.0222		5.99		17.9
60	.1957	3.188	.0941		.1744	.0200		6.89		20.2
80	.1139	3.054	.0365		.1607	.0200		9.98		21.1
100	.0742	2.924	.0176		.1512	.0213		14.1		18.5
150	.0336	2.647	.0048		.1346	.0245		27.3		12.4
200	.0190	2.431	.0020		.1229	.0266		43.2		8.95
300	.0085	2.117	.0006		.1066	.0287		80.8		5.86
400	.0048	1.899	.0002		.0954	.0295		124.		4.53
500	.0031	1.734	.0001		.0871	.0297		171.		3.78
550	.0025	1.665	.0001		.0836	.0297		195.		3.53
662	.0018	1.535	.0001		.0771	.0294		253.		3.11
800	.0012	1.410			.0708	.0289		327.		2.78
[MeV]								[MeV]		
1	.0008	1.268			.0636	.0280		.440		2.49
1.25	.0005	1.134	.0001		.0569	.0268		.588		2.27
1.5	.0003	1.031	.0016		.0518	.0256		.742	.739	2.13
2	.0002	.8795	.0064		.0444	.0236		1.06	1.06	1.97
3	.0001	.6919	.0186		.0356	.0206		1.74	1.73	1.84
4		.5772	.0308		.0305	.0187	.0185	2.46	2.43	1.78
5		.4984	.0419		.0271	.0174	.0171	3.21	3.16	1.75
6		.4405	.0502		.0246	.0163	.0160	3.98	3.91	1.74
8		.3604	.0670		.0214	.0150	.0146	5.60	5.45	1.72
10		.3069	.0840		.0196	.0143	.0138	7.30	7.06	1.72
15		.2272	.1094		.0169	.0132	.0125	11.7	11.1	1.72
20		.1823	.1321		.0158	.0129	.0121	16.4	15.3	1.73
30		.1327	.1609		.0147	.0128	.0115	26.0	23.5	1.74
40		.1055	.1798		.0143	.0128	.0112	35.8	31.3	1.76
50		.0880	.1962		.0143	.0130	.0111	45.7	38.8	1.77
60		.0759	.2069		.0142	.0132	.0109	55.7	46.0	1.78
80		.0598	.2251		.0143	.0135	.0106	75.6	59.4	1.79
100		.0497	.2404		.0145	.0139	.0104	95.6	71.7	1.81

*Av. Stopping Power in [$\text{MeV cm}^2 \text{ g}^{-1}$] for the spectrum of electrons produced in the medium by photons of energy $h\nu$

TABLE A-4i RADILOGICAL PROPERTIES OF LEAD

Z=82	$\rho = 11360 \text{ kg/m}^3$	$2.383 \times 10^{26} \text{ elect./kg}$	$A=207.20$							
Photon energy	Basic Coefficients in $(10^{-24} \frac{\text{cm}^2}{\text{atom}})$ or $(10^{-28} \frac{\text{m}^2}{\text{atom}})$				Interaction coef. in [cm ² /g] (To get [m ² /kg] divide by 10)			Av. energy transferred or absorbed	Stopping power S in $\frac{\text{MeV cm}^2}{\text{g}}$	
$h\nu$	σ_{coh} coh.	σ_{inc} incoh.	τ	κ photo pair	$(\frac{\mu}{\rho})$	$(\frac{\mu_{\text{tr}}}{\rho})$	$(\frac{\mu_{\text{ab}}}{\rho})$	\bar{E}_{tr}	\bar{E}_{ab}	\bar{S}^*
[keV]										
2.48	3686.	4.278	276000.		812.9	802.1		2.45		14.9
2.48	3686.	4.280	736200.		2151.	2073.		2.39		14.9
2.58	3647.	4.477	663300.		1939.	1870.		2.49		15.0
2.58	3646.	4.479	921300.		2688.	2597.		2.50		15.0
3.06	3475.	5.385	590700.		1727.	1673.		2.97		15.0
3.06	3475.	5.386	793400.		2316.	2247.		2.98		15.0
3.55	3280.	6.262	539600.		1578.	1534.		3.45		15.0
3.55	3280.	6.263	609000.		1780.	1731.		3.46		15.0
3.84	3179.	6.780	494399.		1446.	1408.		3.75		14.9
3.85	3179.	6.782	533600.		1560.	1519.		3.75		14.9
6	2504.	10.28	167200.		493.3	479.7		5.83		13.7
8	2035.	13.20	78790.		235.0	226.8		7.72		12.6
10	1686.	15.75	43960.		132.7	126.8		9.55		11.5
13	1285.	18.87	21980.		67.68	63.52	63.48	12.2		10.3
15.2	1095.	20.72	36270.		108.7	80.52	80.43	11.3		9.60
15.2	1095.	20.72	51139.		151.9	113.5	113.4	11.4		9.60
15.8	1040.	21.23	45730.		136.0	102.8	102.7	12.0		9.39
15.8	1039.	21.23	53030.		157.2	119.2	119.1	12.0		9.39
20	781.5	24.00	28750.		85.91	68.56	68.43	16.0		8.33
30	455.7	28.69	9745.		29.73	24.93	24.85	25.2		6.64
50	213.3	33.03	2441.		7.811	6.594	6.556	42.2	42.0	4.87
60	159.2	33.90	1480.		4.863	4.054	4.026	50.0	49.7	4.35
88	83.99	34.49	512.7		1.835	1.444	1.429	69.2	68.5	3.44
88	83.99	34.49	2456.		7.483	2.118	2.096	24.9	24.7	3.42
100	67.57	34.41	1777.		5.461	1.974	1.952	36.2	35.7	3.17
150	32.81	32.90	620.3		1.994	1.075	1.058	80.9	79.6	2.52
200	19.51	31.03	290.5		.9913	.6027	.5902	122.	119.	2.17
300	9.230	27.77	100.5		.3996	.2540	.2469	191.	185.	1.81
400	5.366	25.22	48.33		.2294	.1419	.1371	247.	239.	1.64
500	3.502	23.21	27.93		.1588	.0945	.0909	298.	286.	1.54
662	2.038	20.68	14.59		.1084	.0616	.0589	376.	360.	1.44
800	1.410	19.06	9.549		.0872	.0485	.0461	444.	423.	1.38
[MeV]										
1	.9111	17.19	6.028		.0701	.0386	.0364	.550	.520	1.32
1.25	.5875	15.40	3.987 .0055		.0581	.0322	.0302	.693	.649	1.26
2	.2317	11.98	1.669 1.701		.0453	.0257	.0235	1.13	1.04	1.18
3	.1034	9.437	.8630 3.944		.0417	.0259	.0231	1.86	1.66	1.14
4	.0583	7.878	.5672 5.782		.0415	.0281	.0244	2.70	2.35	1.12
5	.0373	6.805	.4096 7.288		.0423	.0305	.0258	3.60	3.06	1.11
6	.0259	6.016	.3241 8.380		.0429	.0324	.0268	4.54	3.76	1.11
8	.0146	4.922	.2239 10.45		.0454	.0367	.0291	6.47	5.12	1.11
10	.0093	4.193	.1681 12.40		.0488	.0412	.0313	8.45	6.42	1.12
15	.0042	3.103	.1075 15.66		.0549	.0491	.0342	13.4	9.37	1.13
20	.0023	2.491	.0783 18.48		.0612	.0564	.0366	18.5	12.0	1.15
30	.0010	1.814	.0501 22.23		.0700	.0665	.0378	28.5	16.2	1.17
40	.0006	1.441	.0365 24.56		.0757	.0728	.0371	38.5	19.6	1.19
50	.0004	1.203	.0285 26.54		.0807	.0783	.0363	48.5	22.5	1.20
60	.0003	1.037	.0233 27.77		.0838	.0817	.0348	58.5	24.9	1.21
80	.0001	.8176	.0170 29.83		.0891	.0875	.0324	78.6	29.1	1.23
100	.0001	.6786	.0133 31.53		.0937	.0923	.0304	98.6	32.4	1.24