

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 .

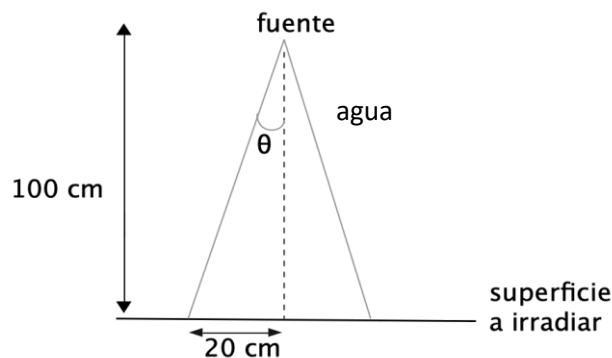
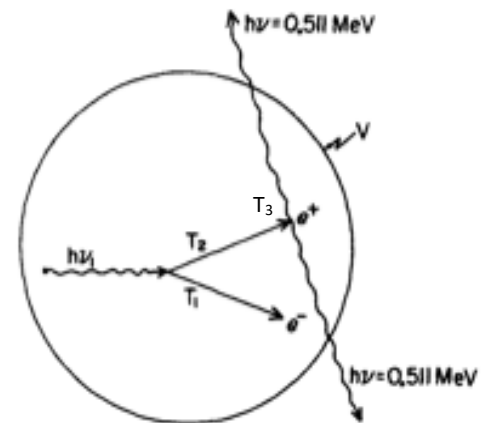


Figura 1

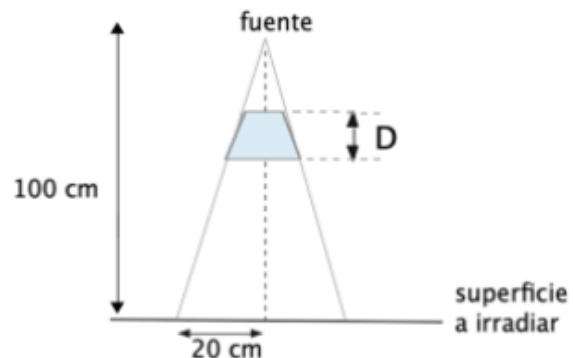


Figura 2

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

*Av. Stopping Power in [MeV cm² g⁻¹] for the spectrum of electrons produced in the medium by photons of energy $h\nu$

TABLE A-4i RADIOLOGICAL PROPERTIES OF LEAD										
Z=82		$\rho = 11360 \text{ kg/m}^3$			$2.383 \times 10^{26} \text{ elect./kg}$ $2.907 \times 10^{24} \text{ atom/kg}$			A=207.20		
Photon energy	Basic Coefficients in				Interaction coef. in			Av. energy transferred or absorbed	Stopping power \bar{S}	
$h\nu$	$(10^{-24} \frac{\text{cm}^2}{\text{atom}}) \text{ or } (10^{-28} \frac{\text{m}^2}{\text{atom}})$				$[\text{cm}^2/\text{g}] \text{ (To get } [\text{m}^2/\text{kg}] \text{ divide by 10)}$			\bar{E}_{tr} \bar{E}_{ab}	in $\frac{\text{MeV cm}^2}{\text{g}}$	
	σ_{coh}	σ_{inc}	τ	κ	$(\frac{\mu}{\rho})$	$(\frac{\mu_{\text{tr}}}{\rho})$	$(\frac{\mu_{\text{ab}}}{\rho})$			\bar{S}^*
	coh.	incoh.	photo	pair						
[keV]								[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]								[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