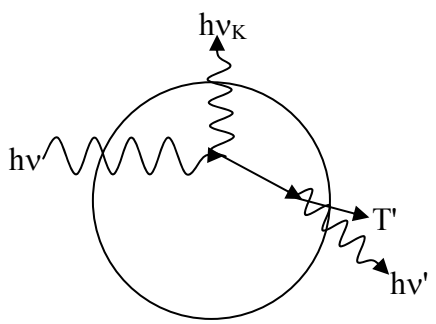
Obligatorisk oppgave i FYSKJM4710

Vekselvirkningsteori og dosimetri

a) Beskriv de generelle typer av vekselvirkning som bidrar til collision stopping power, $(dT/\rho dx)_C$?
Hva er den maksimale energien som kan overføres fra et 50 MeV proton til et elektron gjennom en hard kollisjon?
Finn verdien for I og Z/A for luft og vann fra Appendix B.2. (Z/A må utledes fra $N_A Z/A$).
Regn ut den totale collision stopping power, $(dT/\rho dx)_C$ for 50 MeV protoner i vann og luft.

b) I Appendix D.1 er elektroniske Klein - Nishina tverrsnitt gitt.
Finn fra tabellen K-N-verdiene for elektronisk tverrsnittet, ${}_e\sigma$, og elektronisk tverrsnitt for energioverføring, ${}_e\sigma_{tr}$ til 50 keV fotoner.
Regn ut Comptonspredningens bidrag til masseattenuasjonskoeffesienten, σ/ρ, og masseenergi-overføringskoeffesienten, σ_{tr}/ρ, for 50 keV fotoner i luft og vann. Bruk elektrontettheten ($N_A Z/A$) i Appendix B.2.
De totale koeffisientene er: $(\mu/\rho)_{luft} = 0.206\ cm^2/g$ og $(\mu_{tr}/\rho)_{luft} = 0.0406\ cm^2/g$
$(\mu/\rho)_{vann} = 0.225\ cm^2/g$ og $(\mu_{tr}/\rho)_{vann} = 0.0418\ cm^2/g$
Regn ut andelen av de totale koeffisientene, både attenuasjons og energioverførings, som skyldes Comptonspredning?
Hvorfor er andelen som skyldes Comptonspredning mindre for masseenergioverførings-koeffisientene, μ_{tr}/ρ, enn for masseattenuasjonskoeffisientene, μ/ρ?

c) Et foton kommer inn mot et lite volum av interesse, der vekselvirkninger som vist finner sted:



Hvilken prosess er det som terminerer ferden til fotonet?
Hvilke prosesser er det som gir opphav til fotonet med energi hν'?
Bestem overført energi (ε_{tr}, *energy transferred*), netto overført energi (ε^n_{tr}, *netenergy transferred*) og absorbert energi (ε, *absorbed energy*).
(Ingen utregninger skal gjøres her; gi svaret utrykt ved hν, $h\nu_K$, hν' og T').

d) Hvorfor kan masseenergiabsorpsjonskoeffisienten, μ_{en}/ρ, med god tilnærmelse settes lik μ_{tr}/ρ når fotonenergien er 50 keV og materialet er vann eller luft? Bruk dette i oppgave e).
Definèr eksposisjon, og hvordan dose til luft fremkommer fra denne størrelsen ved fotonbestråling med ladd partikkellikevekt.

e) Et luftfylt ionekammer plasseres i vann. Ved hjelp av ett elektrometer måles antall ladninger til $Q = 50\ nC$ over et tidsrom på 2 min – strålekilden er en 50 keV monoenergetisk fotonkilde (CPE kan antas). Kammerets luftvolum er $V = 0.65\ cm^3$, luftens tetthet er $\rho_{luft} = 1.2\times10^{-3}\ g/cm^3$ og midlere energi per ladning i luft er $W/e = 33.97\ J/C$.
Hva er eksposisjonen X i ionekammeret?
Hva er energifluensen til fotonfeltet?
Hva blir dose til luft?
Hva blir dosen og doseraten til vann?

f) Sett måleresultatet av antall ladninger i oppgave e) lik M. Ut fra definisjonen av en kalibreringsfaktor for dose til vann, hva blir kalibreringsfaktoren for kammeret $N_{D,vann}$ (i mGy/nC) ved den aktuelle fotonenergien?
Den samme eksposisjonen produseres av 50 MeV protoner. Bruk Bragg-Gray teori og verdien for collision stopping power funnet i a) til å beregne energifluensen til disse?
Hva er dose til vann fra protonene?
For disse 50 MeV protonene, bestem strålekvalitetskorreksjonen k_Q, i kalibreringsfaktoren $N_{D,vann}$ funnet for 50 keV fotoner.

Nødvendig informasjon:

APPENDIX D.1 Klein–Nishina Interaction Cross Sections for Free Electrons[a]

$h\nu$ (keV)	${}_e\sigma$ (cm^2/e)	${}_e\sigma_{sc}$ (cm^2/e)	${}_e\sigma_{tr}$ (cm^2/e)
1.0	0.6627 −24	0.6614 −24	0.1291 −26
1.5	0.6614 −24	0.6594 −24	0.1929 −26
2.0	0.6601 −24	0.6575 −24	0.2561 −26
3.0	0.6576 −24	0.6537 −24	0.3811 −26
4.0	0.6550 −24	0.6500 −24	0.5041 −26
5.0	0.6525 −24	0.6463 −24	0.6251 −26
6.0	0.6501 −24	0.6426 −24	0.7441 −26
8.0	0.6452 −24	0.6355 −24	0.9766 −26
10.0	0.6405 −24	0.6285 −24	0.1202 −25
15.0	0.6290 −24	0.6116 −24	0.1735 −25
20.0	0.6180 −24	0.5957 −24	0.2228 −25
30.0	0.5975 −24	0.5664 −24	0.3109 −25
40.0	0.5787 −24	0.5400 −24	0.3871 −25
50.0	0.5615 −24	0.5162 −24	0.4532 −25
60.0	0.5456 −24	0.4945 −24	0.5109 −25
80.0	0.5173 −24	0.4567 −24	0.6059 −25
100.0	0.4927 −24	0.4247 −24	0.6800 −25
150.0	0.4436 −24	0.3631 −24	0.8054 −25
200.0	0.4065 −24	0.3185 −24	0.8794 −25
300.0	0.3535 −24	0.2581 −24	0.9531 −25
400.0	0.3167 −24	0.2186 −24	0.9805 −25
500.0	0.2892 −24	0.1905 −24	0.9871 −25
600.0	0.2675 −24	0.1692 −24	0.9831 −25
662.0	0.2561 −24	0.1584 −24	0.9775 −25
800.0	0.2350 −24	0.1389 −24	0.9602 −25
(MeV)			
1.0	0.2112 −24	0.1183 −24	0.9294 −25
1.25	0.1888 −24	0.9997 −25	0.8885 −25
1.5	0.1716 −24	0.8670 −25	0.8488 −25
2.0	0.1464 −24	0.6867 −25	0.7769 −25
3.0	0.1151 −24	0.4865 −25	0.6644 −25
4.0	0.9597 −25	0.3772 −25	0.5825 −25
5.0	0.8287 −25	0.3083 −25	0.5204 −25
6.0	0.7323 −25	0.2607 −25	0.4716 −25
8.0	0.5988 −25	0.1993 −25	0.3995 −25
10.0	0.5099 −25	0.1613 −25	0.3485 −25
15.0	0.3771 −25	0.1094 −25	0.2678 −25
20.0	0.3025 −25	0.8271 −26	0.2198 −25
30.0	0.2200 −25	0.5563 −26	0.1644 −25
40.0	0.1746 −25	0.4191 −26	0.1327 −25
50.0	0.1457 −25	0.3362 −26	0.1121 −25
60.0	0.1254 −25	0.2807 −26	0.9736 −26
80.0	0.9882 −26	0.2110 −26	0.7772 −26
100.0	0.8199 −26	0.1690 −26	0.6508 −26

[a]Table provided by Patrick D. Higgins, personal communication, 1986.

Appendix B.2. Data Table for Compounds and Mixtures[a] $N_A Z/A$

Material	Density (g/cm^3)[c]	Electron density (10^{23} e/g)	I (eV)[d]
A-150 plastic[b]	1.127	3.306	65.1
Adipose tissue (Fat, ICRP)[b]	0.92	3.363	63.2
Air[b]	1.205×10^{-3}	3.006	85.7
Bone, cortical (ICRP)[b]	1.85	3.139	106.4
Calcium fluoride, CaF_2	3.18	2.931	166
Carbon dioxide, CO_2	1.842×10^{-3}	3.010	85.0
Cesium iodide, CsI	4.51	2.503	553
Lithium fluoride, LiF	2.64	2.786	94.0
Lucite, $(C_5H_8O_2)_n$	1.19	3.248	74.0
Muscle, skeletal (ICRP)[b]	1.04	3.308	75.3
Mylar, $(C_{10}H_8O_4)_n$	1.40	3.134	78.7
Nylon, type 6 $(C_6H_{11}NO)_n$	1.14	3.299	63.9
Polycarbonate $(C_{16}H_{14}O_3)_n$	1.20	3.173	73.1
Polyethylene $(C_2H_4)_n$	0.94	3.435	57.4
Polyimide $(C_{22}H_{10}N_2O_5)$	1.42	3.087	79.6
Polypropylene $(C_3H_5)_n$	0.90	3.372	59.2
Polystyrene $(C_8H_8)_n$	1.06	3.238	68.7
Polyvinyl Chloride $(C_2H_3Cl)_n$	1.30	3.083	108.2
Pyrex (borosilicate glass)[b]	2.23	2.993	134
Silicon dioxide, SiO_2	2.32	3.007	139.2
Silver bromide, AgBr	6.47	2.629	487
Sodium iodide, NaI	3.67	2.571	452
Teflon, $(C_2F_4)_n$	2.20	2.890	99.1
TE gas (methane-based)[b]	1.064×10^{-3}	3.312	61.2
TE gas (propane-based)[b]	1.826×10^{-3}	3.314	59.5
TE liquid (no sucrose)[b]	1.070	3.313	74.2
Water, H_2O	0.9982	3.343	75.0

[a]Data from Berger and Seltzer (1983)

[b]See compositions in Appendix B.3

[c]Assuming $T = 20°C.$, $P = 1$ atm., and Charles' Law for gases applies.

[d]I is the mean excitation potential for stopping power, see Chapter 8.