

Esempi di esercizi relativi alla lezione 9 per la preparazione al secondo compito di esonero

1. Data una sostanza contenente N_0 nuclei radioattivi ad un certo istante $t = 0$, quanti nuclei radioattivi NON saranno decaduti al generico tempo t ?
R. $N_{sopravvissuti} = N(t) = N_0 e^{-t/\tau}$
2. Data una sostanza contenente N_0 nuclei radioattivi ad un certo istante $t = 0$, quanti nuclei radioattivi saranno decaduti al generico tempo t ?
R. $N_{decaduti} = N_0 - N(t) = N_0(1 - e^{-t/\tau})$
3. Qual'è il significato di vita media di una sostanza radioattiva?
R. quando il numero iniziale di nuclei radioattivi si riduce di una frazione $1/e = 1/2.718 = 0.368$
4. Qual'è il significato di tempo di dimezzamento di una sostanza radioattiva?
R. quando il numero iniziale di nuclei radioattivi si dimezza
5. Che legame c'è fra tempo di dimezzamento e vita media?
R. $N(t) = N_0 e^{-t/\tau} \rightarrow \frac{N(t)}{N_0} = \frac{1}{2} = e^{-t_{1/2}/\tau} \rightarrow t_{1/2} = \ln 2 \tau = 0.6931 \tau$
6. Qual'è il principio di funzionamento di un tubo a raggi X?
R. elettroni emessi per effetto termoionico da un catodo vengono accelerati in un campo elettrico generato da una alta tensione e fatti collidere con gli atomi di un anodo dove per transizioni atomiche o bremsstrahlung emettono fotoni X.
7. In cosa consiste il fenomeno denominato bremsstrahlung?
R. Radiazione per frenamento. Ogni volta che un elettrone è soggetto ad una brusca accelerazione perchè deviato dal campo coulombiano di un nucleo atomico, emette un fotone.
8. Per quali tipi di particelle cariche la perdita di energia per frenamento è trascurabile?
R. La perdita di energia per frenamento è rilevante solo per particelle sufficientemente leggere, in pratica solo per elettroni e positroni, mentre è completamente trascurabile per protoni, particelle α , ioni ed altre particelle "pesanti".
9. Quali sono le dimensioni del coefficiente lineare di attenuazione μ ?
R. lunghezza alla -1, tipicamente 1/cm
10. Come è definito il cammino libero medio?
R. A partire dal coefficiente μ si può definire il cammino libero medio $\lambda = \frac{1}{\mu}$ che ha le dimensioni di una lunghezza, ed ha il significato di spessore di materiale attraversato oltre il quale l'intensità iniziale si riduce di una frazione $1/e = 1/2.718 = 0.368$ (legge di attenuazione di tipo esponenziale).
11. Di quanto è attenuata l'intensità di un fascio di raggi X monocromatico (cioè con i fotoni tutti della stessa energia) che attraversa uno spessore di 10 cm con coefficiente di attenuazione totale $\mu = 1 \text{ cm}^{-1}$?
R. $\mu = 1 \text{ cm}^{-1} \rightarrow \lambda = 1/\mu = 1 \text{ cm}$.
 $I(x) = I(0)e^{-\mu x} = I(0)e^{-x/\lambda} \rightarrow \frac{I(x)}{I(0)} = e^{-x/\lambda} = e^{-\frac{10 \text{ cm}}{1 \text{ cm}}} = e^{-10} = 4.5 \times 10^{-5}$
12. I fotoni X e γ mediante quali processi interagiscono con la materia?
R. effetto fotoelettrico, Compton e produzione di coppie
13. Nell'effetto fotoelettrico quali sono le particelle finali emesse?
R. un fotoelettrone (più eventuali raggi X dovuti al riassetamento degli elettroni nell'atomo eccitato)
14. Nell'effetto Compton quali sono le particelle finali emesse?
R. il fotone deviato (con energia diminuita) e l'elettrone colpito

15. Nella produzione di coppie quali sono le particelle finali emesse?
R. elettrone e positrone
16. Nella annichilazione di un positrone quali sono le particelle finali emesse?
R. due fotoni γ di energia 0.511 MeV
17. Nella radiazione di frenamento (o bremsstrahlung) quali sono le particelle finali emesse?
R. l'elettrone deviato ed il fotone irraggiato
18. Se si vuole calcolare la radiazione totale (includendo quindi la radiazione dei secondari) uscente da uno spessore di materiale attraversato da un fascio di raggi γ bisogna usare il coefficiente di assorbimento di energia μ_E oppure il coefficiente di assorbimento totale μ ?
R. il coefficiente di assorbimento di energia μ_E
19. In generale, se lo spettro della radiazione incidente su uno spessore non è monocromatico, l'intensità trasmessa ha un andamento esponenziale?
R. no
20. Come si tiene conto del contributo delle particelle secondarie nel calcolo dell'intensità trasmessa?
R. con il coefficiente di assorbimento di energia μ_E
21. Cosa determina il contrasto nell'immagine radiologica?
R. il diverso coefficiente di assorbimento dei vari organi
22. Qual'è il meccanismo di perdita di energia principale per le radiazioni ionizzanti cariche pesanti (cioè per particelle α , p, ioni)?
R. Perdita di energia per ionizzazione
23. Quali sono i meccanismi di perdita di energia per le radiazioni ionizzanti cariche leggere (cioè per la radiazione β (elettroni e positroni))?
R. Perdita di energia per ionizzazione e bremsstrahlung
24. Qual'è il meccanismo di perdita di energia per particelle β che domina ad alte energie, e più precisamente ad energie molto maggiori dell'energia critica?
R. Bremsstrahlung
25. Qual'è il meccanismo di perdita di energia per particelle β che domina a basse energie, e più precisamente ad energie molto inferiori dell'energia critica?
R. perdita di energia per ionizzazione
26. Com'è definito il range di una particella?
R. È legato alla perdita di energia per ionizzazione; è il percorso totale della particella in un mezzo finché non perde tutta la sua energia cinetica e si ferma nel mezzo stesso.
27. In acqua all'energia cinetica di 1 MeV è più penetrante la radiazione α o quella β ?
R. β
28. In acqua all'energia cinetica di 1 MeV è più penetrante la radiazione α o quella γ ?
R. γ
29. In acqua all'energia cinetica di 1 MeV è più penetrante la radiazione γ o quella β ?
R. γ
30. In acqua all'energia cinetica di 1 MeV è più penetrante la radiazione β od i neutroni?
R. neutroni

31. A parità di energia cinetica e mezzo attraversato, sono più penetranti i protoni o le particelle α ?
 R. i protoni. Infatti le particelle α , avendo una carica doppia ed una massa quattro volte maggiore dei protoni, hanno una perdita di energia per ionizzazione sempre maggiore dei protoni, e quindi un percorso (o range) sempre inferiore.
32. Qual'è la differenza caratteristica del rilascio di dose in funzione della profondità fra un fascio di protoni da 200 MeV ed uno di raggi γ da una sorgente di ^{60}Co ?
 R. con il fascio di protoni il massimo della dose rilasciata è a fine percorso, quindi a circa 20 cm di profondità, mentre per i raggi γ la dose rilasciata diminuisce lentamente in funzione della profondità. Si consideri che i fotoni emessi da una sorgente di ^{60}Co hanno approssimativamente energia di 1.1 e 1.3 MeV.
33. Com'è definita la dose assorbita?
 R. energia assorbita per unità di massa
34. Qual'è l'unità di misura della dose assorbita nel S.I.?
 R. Gray, Gy
35. Come è definito un rad?
 R. $100 \text{ rad} = 1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} / \text{kg}$
36. Come si calcola la dose assorbita da un tessuto biologico?
 R. $D_B = D \times QF$
37. Qual'è l'unità di misura della dose assorbita da un tessuto biologico nel S.I.?
 R. Sievert (Sv)
38. Come è definito un rem?
 R. $100 \text{ rem} = 1 \text{ Sv}$
39. Com'è definito il fattore di qualità (QF o RBE) per un tipo di radiazione?
 R. A parità di danno od effetto biologico, è il rapporto fra la dose impartita con il tipo di radiazione considerata e la dose impartita con radiazioni X da 200 keV (di conseguenza il QF della radiazione X da 200 keV vale uno per definizione).
40. Nel rilasciare dose in un tessuto biologico è più efficace la radiazione α o la radiazione γ ?
 R. le particelle α sono più efficaci, infatti per radiazione γ $QF=1$ mentre per α $QF=10$.
41. Qual'è l'unità di misura della dose irradiata (esposizione) nel S.I.?
 R. C/kg, nel sistema pratico il Roentgen (ionizzazione in aria); $1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$; $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$
42. Qual'è il valore medio della dose assorbita annualmente da un uomo a causa delle sorgenti naturali?
 R. $\sim 1 \text{ mSv}$
43. Qual'è il valore limite della dose assorbita annualmente da personale non professionalmente esposto?
 R. $\sim 1 \text{ mSv/anno}$, oltre alla radiazione naturale.
44. Qual'è il valore limite della dose assorbita annualmente da personale professionalmente esposto?
 R. $\sim 50 \text{ mSv/anno}$, oltre alla radiazione naturale
45. Qual'è il valore tipico della dose fisica assorbita in un esame radiologico?
 R. circa 10-100 mGy
46. In un irraggiamento acuto di un uomo, per quale valore di dose assorbita si può avere il decesso?
 R. 4-5 Sv