

FISICA ERETICA

Parte Seconda

Effetto Curvatura dello Spazio-Tempo di Schild-Einstein quale SCUDO anti-Meteorite per Astronave terrestre Radio Protezione da Neutroni e CDUK Gadolinio 159

Giuseppe Nacci,

Medico Nucleare, Trieste, Italy

30th January 2021

Biden's Hera First Year

EDIZIONE GENNAIO 2021

Al Popolo Sovrano,

con Preghiera di massima diffusione

se in accordo con quanto riportato in questo testo

L'Autore

*Non Oggi,
certamente non Domani,
ma in un Giorno Futuro,
sicuramente,
quando i Figli dell'antica Terra
saliranno tra le Stelle,
finalmente Padroni di uno Spazio-Tempo
che fu di Schild e di Einstein,
superando gli interminati Spazi siderali
di un Universo amico,
mai nato da un assurdo Big Bang,
né abitato da immaginifici Buchi Neri,*

ma pacifico nella sua Eterna Evoluzione,
fatta di continue nascite
di nuove Galassie da vecchie Galassie,
di nuova Materia
da Onde gravitazionali di Energia,
deterministico e causale
nella sua Natura...

Allora,
quei lontani figli,
finalmente Padroni
di una immensa Conoscenza,
perché capace di portarli al di là

dell'Orizzonte della Luce
delle Stelle più lontane,
guarderanno indietro,
fino ai Secoli e ai Millenni
delle grandi Barbarie e delle grandi
Guerre.

E ricorderanno con orrore
i terribili anni della Follia Genetica,
quando falsi Medici di una falsa Medicina,
e Apprendisti Stregoni,
violarono il Segreto della Vita,
scimmiottando Dio...

Nota per il LETTORE

Si presume che Chiunque legga questo Testo abbia già avuto modo di studiare la Prima Parte, uscita su questo Sito INTERNET e su “AMBIENTE BIO” del 10 Gennaio 2021 con il titolo “*Trasmutazione a basso costo delle scorie radioattive in sostanze non radioattive, e i Motori a FUSIONE FREDDA per un’Astronave per le Stelle*”, ed il cui contenuto era riassunto dell’INDEX qui di seguito riportato:

Premessa.....	pag. 6
Cap. 1.: L’ipotesi di partenza di Cassani e di Einstein.....	pag. 11
Cap. 2: Il modello Spazio-Tempo di Alfred Schild.....	pag. 12
Cap. 3: Il Campo Energetico di Massa e il Campo Energetico di Radiazione..	pag. 15
Cap. 4: Uguaglianza fra loro delle due formule base dell’energia (E).....	pag. 17
Cap. 5: L’energia cinetica è un incremento del Campo energetico di Massa...pag.	19
Cap. 6: La luce è una <i>variazione</i> di Energia.....	pag. 20
Cap. 7: Principio di Simmetria Relativa postulato da Cassani.....	pag. 21
Cap. 8: Spiegazione, interamente ondulatoria, dell’effetto Compton.....	pag. 24
Cap. 9: Modifica alla Relatività Generale.....	pag. 25
Cap. 10: Il fenomeno della Diffrazione, secondo Cassani.....	pag. 27
Cap. 11: Un nuovo modello fisico per l’Elettrone.....	pag. 28
Cap.12: Orbita risonante e orbita non-risonante dell’Elettrone.....	pag. 31
Cap. 13: La Forza d’Inerzia.....	pag. 32
Cap. 14: Forza Centrifuga e Forza Centripeta.....	pag. 33
Cap. 15: La forza nucleare è priva di interazioni elettriche di repulsione.....	pag. 34
Cap. 16: La vera struttura del Deutone.....	pag. 35
Cap. 17: Una spiegazione ondulatoria per la Fusione Fredda.....	pag. 37
Bibliografia.....	pag. 39

FISICA ERETICA

Effetto-Curvatura dello Spazio-Tempo di Schild-Einstein quale SCUDO anti-meteorite per Astronave terrestre

Radio Protezione da Neutroni e CDUK Gadolinio 159

Premessa.....	pag. 7
Cap. 18: La vera natura del nostro Universo.....	pag. 11
Cap. 19: Le Onde di massa dell'Astronave terrestre.....	pag. 19
Cap. 20: Radio-Protezione da Neutroni	pag. 32
Cap. 21: Interazione del flusso di Tritioni con Gadolinio 157.....	pag. 40
Cap. 22: C.D.U.K. del Gadolinio 159.....	pag. 44
Bibliografia:.....	pag. 102
ITALIANO. Biografia dell'Autore	pag. 104
ENGLISH. Biography of Author.....	pag. 105
DEUTSCH. Biographie von Author	pag. 106
DUTCH. Biografie van Auteur	pag. 107

Premessa

Nell'estate 1987, ancora studente in Medicina, ebbi modo di frequentare per circa 2 settimane il CERN (si pronuncia "SERN") di Ginevra, ospite di alcune amiche ed amici triestini che vi lavoravano, in riconoscimento di una Relazione che avevo tenuto nei mesi precedenti alla Facoltà di Fisica dell'Università di Trieste in merito al recente disastro (e non catastrofe) di Chernobyl, con la mia teorizzazione di una possibile unificazione e classificazione del Fallout da centrale atomica e da bomba atomica in Zone Nera, Grigia, Rossa, Arancione, Gialla e Bianca (¹).

Ho un ricordo bellissimo di quell'Agosto di oltre trent'anni fa, del magnifico lago di Ginevra, delle grigliate fatte sulle sue rive, sia sul versante francese che svizzero, nelle tante ville sul lago che lo costeggiavano, e soprattutto di quell'autentico spirito europeista delle tante persone che vi incontrai, in un intreccio di studi, competenze e di pareri, anche contrastanti, sull'origine dell'Universo e sulla Fisica in genere.

Si parlava Inglese, Francese, Tedesco, e soprattutto...Triestino...

Fu in quella breve vacanza che una simpaticissima ragazza francese di Paris, Stefanie, appena laureata in Fisica, mi raccontò anche, nel suo dolcissimo accento italo-francese, di uno Studio americano della NASA, in cui era stato calcolato il TEMPO-NAVE che avrebbe impiegato un equipaggio terrestre per la completa circumnavigazione della nostra Galassia, pari a circa 350.000 ANNI-LUCE TEMPO TERRA di viaggio, ma che la piccola astronave terrestre avrebbe invece percorso in soli 42-43 ANNI-LUCE TEMPO NAVE, se fosse stata spinta da motori a "FUSIONE" anzichè a "FISSIONE" ...

Il lavoro americano, dei primi anni '70, risultava però soltanto teorico: motori nucleari a FISSIONE, già esistenti in progetto (*Nuclear Engine for Rocket Vehicle Application*, N.E.R.V.A.), non sarebbero mai stati in grado di spingere un'astronave a velocità pari al 99,9% di quella della luce.

Soltanto motori a FUSIONE nucleare, capaci quindi di sviluppare un'energia migliaia di volte superiore a quella dei "normali" motori nucleari a FISSIONE, avrebbero potuto realizzarlo...

Ma nessuno sapeva come fare un simile motore a FUSIONE, che avrebbe avuto una temperatura interna simile a quella del Sole, di milioni di Gradi Celsius, ATOMIZZANDO quindi l'intera astronave, determinando cioè l'immediata scomposizione di tutte le sue molecole in Atomi vaganti, a causa dell'altissima temperatura...come se l'intera astronave fosse stata al centro del Sole....

Pochi anni dopo ebbi modo di leggere il libro epocale di Cassani, intitolato “*Albert aveva ragione: Dio non gioca a dadi ...*” (2).

E fu soltanto allora, in base anche al recentissimo e primo esperimento pratico sulla FUSIONE FREDDA compiuto il 23 marzo 1989 nell’Università dello Utah da Martin Fleischmann e Stanley Pons (3), che iniziai a comprendere la vera portata di ciò che Stefanie mi aveva raccontato, al CERN di Ginevra, in quella bella estate di quattro anni prima...

Accettando il superiore Pensiero di Einstein, passeremo così dall’attuale Fisica *Quantistica Probabilistica* di Heinsenberg alla Fisica *Deterministica* del grande scienziato di Princeton, il quale non volle mai accettare il Credo Dogmatico di Heinsenberg, poiché convinto che “...*Dio non poteva giocare a dadi...*”.

Tutto questo in riconoscimento postumo delle Sue grandi Verità che, a distanza di oltre Settant’anni dalla sua morte, non sono ancora state accettate dalla Fisica Quantistica ufficiale.

In questo mio breve testo farò anche riferimento al libro di Roberto Germano, intitolato “*Fusione Fredda. Moderna Storia d’Inquisizione e di Alchimia*”, del 2003 (4), estremamente interessante per i dati raccolti dall’Autore sulla Fusione Fredda e, in particolare, pur non affrontando la questione di possibili motori nucleari a FUSIONE per l’esplorazione spaziale, di aver comunque coraggiosamente riportato, in chiara affermazione dell’indiscusso diritto alla libertà d’informazione per il Popolo Sovrano, l’incredibile sperimentazione condotta nel giugno del 1997 da Michael Guillem con il sistema della Cella di Patterson su scorie radioattive di Uranio, del peso di circa 8 grammi, disciolte in acqua e fatte circolare attraverso le Celle di Trasmutazione inventate dallo stesso Patterson, con l’effettiva trasformazione del 70% circa di Uranio in materiale stabile in meno di 2 ore e mezza, e sviluppando energia (5)...

Del resto, come riportato in Letteratura scientifica (6), le famose celle di Patterson sono costituite da cilindri contenenti migliaia sferette di plastica di un millimetro di diametro, ricoperte da sottilissimi strati di Nickel e di Palladio, le quali costituiscono il Catodo della cella elettrolitica, mentre l’Anodo risulta essere fatto in Titanio.

Il tutto viene immerso in acqua pesante (Deuterio al posto di Idrogeno) con aggiunta di Solfato di Litio.

Una debole corrente elettrica di appena 1Watt determinerà l’incredibile produzione di ben 450-1.300 Watt in uscita... (6).

Purtroppo, il Nickel, dopo almeno due settimane di utilizzo, tenderà a trasmutarsi in Ferro, Argento, Rame, Magnesio e Cromo (⁷), fatto questo che risulta NEGATIVO dal nostro punto di vista riguardo alla realizzazione di motori a FUSIONE FREDDA per l'esplorazione spaziale, a causa del degrado del Sistema.

Di qui la necessità di ricercare un metallo diverso dal Nickel, da utilizzarsi come Catodo della pila, e quindi l'obbligo di un maggior approfondimento del Sistema, forse approdando all'esperienza maturata da altri Fisici sperimentatori, come l'italiano Francesco Scaramuzzi dell'ENEA (Ente Nazionale Energie Alternative), il quale aveva dimostrato, fin dal 19 Aprile 1989, l'effettiva FUSIONE FREDDA con un Sistema "asciutto", in assenza quindi di acqua, e persino di Palladio, riuscendo a stipare gli Atomi di Deuterio in trucioli di Titanio posti in un contenitore dove aveva pompato Deuterio gassoso ad alta pressione (⁸⁻¹⁰)... .

Varie e complesse sono le proposte attualmente allo studio in tutto il mondo per costruire il miglior Sistema di produzione energetico basato sulla FUSIONE FREDDA.

Negli USA, ad esempio, sono ormai presenti numerose Riviste scientifiche che si occupano espressamente della sola FUSIONE FREDDA: "Cold Fusion Newsletter", "The Cold Fusion Times", "Fusion Facts", "Cold Fusion", "Infinite Energy".

Secondo Einstein, la Meccanica Quantistica, che negli anni Venti stava soppiantando la vecchia concezione della Fisica, e che avrebbe di lì a poco esautorato anche lui dal Gotha dei grandi Fisici, era, secondo lui, sbagliata.

Così si esprimeva, ancora nel 1927, il grande scienziato.

"Tutti i tentativi degli ultimi anni, volti a spiegare le particelle elementari della natura per mezzo di campi CONTINUI sono falliti. Il sospetto che questo non sia il modo corretto di concepire le particelle elementari si è rafforzato non poco in Noi, dopo i numerosissimi tentativi falliti..."

Albert Einstein

Nella Prima Parte di questo nostro lavoro abbiamo esposto le fondamenta della Teoria Ondulatoria di Cassani ⁽²⁾ che, rivalutando, approfondendo e innovando i vecchi lavori di Einstein, potrebbe effettivamente aver determinato, secondo la mia personale opinione, la vera e incontestabile “Rivincita Postuma” del grande scienziato sull’attuale Fisica Quantistica, al di là di eventuali inesattezze o aggiustamenti futuri a questa Teoria, di cui si condivide comunque il senso e la portata, sperando che tale nuova visione della Fisica possa essere accolta dall’attuale Governo, che sembrerebbe essere alla ricerca di un rilancio della politica nazionale per nuove fonti energetiche.

In questa Seconda Parte del nostro lavoro affronteremo la complessa dinamica degli effetti fisici di un’Astronave terrestre lanciata a velocità molto prossime a quella della Luce, scoprendo gli effetti dinamici protettivi sulla stessa Astronave che le sue onde di massa gravitazionali potrebbero avere sia contro i micro-meteoriti e sia contro gli Asteroidi di elevata massa, trovatisi in rotta di collisione con la stessa Astronave.

Si sottolinea però la questione delle tremende forze gravitazionali del Sistema, caratterizzate da *Frequenze gravitazionali* estremamente alte, e tali pertanto da obbligarci a riflettere sull’effettiva possibilità da parte di un equipaggio umano di sopravvivere a simili velocità, di poco inferiori a quella della Luce.

Ci soccorre allora, in questa nostra analisi, l’esistenza della cosiddetta *Forza antigravitaria* teorizzata da Cassani...che verrebbe forse a crearsi da sola nel piccolo Sistema chiuso dell’Astronave...

Nella parte finale abbiamo poi valutato la sicurezza del Sistema per possibili incidenti tecnici con Fallout interno in Sala Motori, e da qui nella restante parte dell’Astronave, esponendo l’intero equipaggio a circa una trentina di Radioisotopi a vita medio-lunga, da noi già oggetto in passato di Studio approfondito per il calcolo della C.D.U.K. (Chrono-Dose-Unit-Krebs) in rapporto alla questione Krsko (*NACCI 2008 La minaccia della centrale atomica di Krsko. NACCI 2008 the Threat of nuclear power station of Krsko*).

In quei precedenti lavori non si era però calcolato il C.D.U.K. del Gadolinio 159, radionuclide Beta emittente a breve emivita, derivato dall’attivazione di flussi di Tritioni su pannelli protettivi del CORE nucleare a FUSIONE FREDDA, costituiti necessariamente da Gadolinio 157, essendo questo il miglior elemento atomico noto per l’assorbimento neutronico, oltre al Boro 10, da cui la necessità di ottenere il preciso calcolo C.D.U.K. del Gadolinio 159 (vedi Cap. 21), per motivi di futura Radioprotezione, ma da noi studiato oltre 25 anni fa per Radio-Immuno-Terapia.

Cap. 18.: La vera natura del nostro Universo

Primo Principio Eretico di Einstein: *esisterà sempre una misura ultima di spazio fisico, presente nella materia sub-atomica, estremamente minima nelle sue dimensioni, e che risulterà assolutamente e totalmente indivisibile.*

Secondo Principio Eretico di Einstein: *esisterà sempre un tempuscolo temporale talmente piccolo da non poter essere più ulteriormente suddiviso.*

E' questo, in sostanza, il concetto di "Spazio-Tempo Discontinuo" di Schild, il quale è esattamente l'opposto di quello attualmente proclamato dalla Fisica Quantistica, secondo la quale sia il Tempo che lo Spazio sono divisibili all'infinito, senza mai giungere, assurdamente, ad un punto-limite invalicabile.

Secondo Einstein, Cassani, Schild e pochi altri Fisici, esisterebbe invece un punto-limite assolutamente non superabile, pari esattamente alla dimensione fisica di circa $5E-84$ metri, in sostanza il numero 5 preceduto da uno Zero, una virgola e da ben 84 altri Zeri, chiamato "Lambda-Zero", o "Lunghezza dell'Onda Compton", il quale corrisponderebbe alla dimensione più piccola esistente, e da cui deriva anche la possibilità di identificare un tempuscolo estremamente breve, anch'esso non ulteriormente suddivisibile, poichè dalla loro interazione si ricaverebbe il valore esatto della "Velocità della Luce", o "Barriera della Luce", pari a 300.000 chilometri al secondo, cioè a $3E+8$ metri al secondo, dove il termine " $3E+8$ " indica semplicemente il numero tre seguito da 8 zeri (pari anche a $3E+5$ chilometri al secondo).

In base a semplici formule, che richiederanno l'unificazione della famosa formula di Einstein ($E = m C^2$) con quella di Plank ($6,63E-34 = \text{Lunghezza d'onda Lambda} \text{ moltiplicata per la sua Frequenza}$), si ricaveranno così tutta una serie di semplici formule matematiche e fisiche che porteranno ad importanti conseguenze conoscitive del nostro vero Universo, come l'impossibilità di superare la "Barriera della Luce", l'impossibilità dell'esistenza dei Buchi Neri, l'elegante dimostrazione matematica che l'Energia Cinetica sia effettivamente un vero incremento della *massa peso*, oggettivamente misurabile, e da noi pienamente avvertibile, e quindi non relegando tale incremento della *massa peso* soltanto ad ipotetiche velocità spaziali di fuga vicine a quelle della Velocità della Luce.

Secondo questi Studi, l’Inerzia e la Forza Centrifuga sarebbero poi delle vere e proprie forme di Energia “negativa”, e che ci potrebbero quindi aiutare a comprendere lo spostamento “passivo” dei Corpi Celesti, ben osservabile in Natura.

Tutto ciò è in evidente contrasto con il Dogma scientifico dell’attuale Fisica Quantistica, secondo la quale all’Energia non può essere associato un significato fisico “negativo”.

Alla luce della “Teoria del Campo Ondulatorio” di Cassani, osservando la *Variazione* della situazione ondulatoria nell’intorno dell’immenso Sole, sorgente in moto accelerato di Onde gravitazionali, noi possiamo ipotizzare invece l’esistenza fisica di variazioni di Energia, sia “positive” che “negative”.

Anche l’Inerzia è una Energia “negativa”, poiché potrebbe essere inquadrabile nel concetto di “depressione energetica”, cioè della “Buca” di Campo energetico gravitazionale di un Corpo Celeste, in base al principio che “...*dove più grande sarà la velocità di rotazione di un Pianeta attorno al Sistema Solare, più profonda sarà la Buca energetica che si aprirà dietro la sua massa...*”.

L’attuale “Forza d’inerzia” dovrebbe essere quindi chiamata “Inerzia della Forza”, poiché sarebbe identificabile piuttosto in una “Forza” che si oppone all’accelerazione della *massa peso* del Pianeta in rotazione attorno al Sole.

Osservando poi l’immensità del nostro Universo, questi nuovi concetti della Fisica einsteniana, rifiutati dall’attuale Fisica Quantistica, ci aiuteranno a capire l’impossibilità da parte di una qualsiasi Galassia di superare le dimensioni di $4,5E+38$ tonnellate di materia, poiché raggiungendo tale limite le Forze gravitazionali della stessa Galassia tenderebbero ad annullarsi a causa dell’instaurarsi di una vera e propria Forza anti-gravitazionale, ben presente in Natura.

Questa *Forza Repulsiva* determinerebbe l’impossibilità dell’esistenza dei Buchi Neri e del *Big Bang*, offrendoci invece una spiegazione più semplice e più plausibile della cosiddetta “Fuga delle Galassie” e anche il motivo dell’esistenza di una strana Radiazione presente sulla Banda all’Infrarosso di bassa energia, meglio nota come “Radiazione da Fondo”: in realtà la semplice traccia di miliardi di Galassie in allontanamento da noi, e quindi ormai poste al di là del cosiddetto “Orizzonte della Luce”.

La “Radiazione da Fondo”, erroneamente ritenuta come quella derivante da un ipotetico *Big Bang*, in realtà mai avvenuto, giustificerebbe così la nostra impossibilità di vedere l’intero Universo: la Luce viaggia infatti ad una velocità di appena $3E+8$ metri al secondo, e quindi qualsiasi Galassia la cui distanza da noi superi un certo valore, non sarà in grado di far giungere fino a noi la sua Luce...

Dallo sviluppo della “*Teoria del Campo Ondulatorio*” di Cassani (²), si giunge pure alla conclusione che attorno alla massa-limite di ogni Galassia, pari a circa $10E+38$ tonnellate di materia, la Gravità dovrebbe essere nulla, poiché vi comparirebbe una misteriosa Forza di Antigravità, la quale inizierebbe ad agire proprio a livello delle grandi concentrazioni di Masse Galattiche, ma anche a livello di singoli Pianeti come Giove o Saturno.

Il mistero di questa strana Forza riposerebbe nel fatto che la Forza Nucleare che tiene insieme i Protoni degli Atomi, sarebbe priva, in realtà, di Interazioni Elettriche di Repulsione.

Non esiste infatti alcuna prova scientifica che le Forze Repulsive Elettriche sussistano realmente a distanze sub-nucleari, paragonabili cioè a quelle di un Fermi (1 Fermi = $1E-15$ metri).

Secondo la stessa “*Teoria del Campo Ondulatorio*” di Cassani (²), si ritiene quindi che la repulsione tra Atomi, osservabile in Natura, debba avere un’altra spiegazione, e cioè la semplice “Forza Centrifuga” fra Protoni, la quale potrebbe così esonerare i Neutroni dal loro compito ufficiale di tenere separati i Protoni nell’interno di ogni Atomo, dando così alla Struttura atomica una visione più moderna della sua vera architettura.

Due Protoni potrebbero quindi facilmente avvicinarsi fra loro, a qualche Fermi di distanza ($1E-15$ metri), raggiungendo le dimensioni favorevoli per la nascita di un atomo di Deuterio, o costituire altre associazioni come l’Idrogeno atomico, l’Elio e altri tipi di Atomi....

Ad esempio, il Deuterio non sarebbe costituito da un Protone e da un Neutrone, ma semplicemente da 2 Protoni e da 1 Elettrone, tutti a struttura di tipo ondulatorio (Evolvente Sferica), con Orbita di Risonanza e Struttura Ondulatoria dei 2 Protoni e dell’Elettrone.

Nel Modello Ondulatorio Trilobato della stessa “*Teoria del Campo Ondulatorio*” di Cassani (2), il Protone diventa quindi il limite stabile naturale della famiglia dei Mesoni.

Da ciò risulta che la materia atomica potrebbe formarsi in maniera estremamente semplice, non essendo più necessaria la presenza di altissime temperature, né l’esistenza di un ipotetico Big Bang primordiale, e giungeremmo quindi alla conclusione che le stelle non sarebbero più necessariamente obbligate a morire dopo aver esaurito le loro immense riserve di Idrogeno atomico, e poi quelle di Elio e degli altri elementi atomici superiori, per il semplice motivo che l’Idrogeno atomico verrebbe prodotto di continuo da loro stesse.

Se la creazione di materia risultasse di quantità moderata, il Corpo Celeste potrebbe evitare un’eccessiva concentrazione di questa nuova massa al suo interno, ponendosi in moto rotatorio, ciò allo scopo di allontanare dal suo Centro gravitazionale questo surplus di materia prodotta, sfruttando l’azione centrifuga...

Questo movimento rotatorio è particolarmente evidente osservando le Galassie, al cui centro si trova l’ambiente più favorevole alla creazione di nuova materia, dato che il centro di ogni Galassia è il centro di simmetria del più grande agglomerato di materia e di radiazione esistente in quella parte dell’Universo.

Nel centro di ogni Galassia, dove maggiormente si faranno sentire i Campi gravitazionali di milioni di Stelle componenti la Galassia stessa, la produzione di materia sarà particolarmente elevata, e si potranno così verificare reazioni termoneucleari a catena incontrollabili, determinando potenti esplosioni stellari all’interno della stessa Galassia, tendenti a ridistribuire la nuova materia prodotta nello spazio circostante, in dipendenza di questa strana *Forza Antigraavitaria* che inizierà così a farsi sentire, in base alle specifiche condizioni di densità e di distribuzione della massa presente nell’interno dell’Ammasso stellare.

La risposta per rotazione alla *Forza Antigraavitaria* suggerisce quindi un legame fra le Galassie sferiche e quelle ellittiche che portano così alle Galassie a spirale, giustificandone la loro struttura.

Sappiamo anche dalla Fisica astronomica che nel centro di ogni Galassia, quando questa è sferica o a spirale, si trovano i punti a più alto valore energetico, sia per quanto riguarda il Campo gravitazionale che per il Campo di radiazioni elettromagnetiche presenti in essa.

Il luogo più favorevole per la nascita di una nuova Stella sarebbe quindi nei centri gravitazionali delle Galassie dove la densità di materia allo stato di Plasma nucleare risulterebbe molto alta, e dove verrebbe compressa dalle Onde gravitazionali di milioni di stelle presenti attorno alla zona centrale di ogni Galassia.

La stella sarebbe quindi il prodotto del collasso di un Campo gravitazionale di una nube di Idrogeno atomico, sotto l'effetto di Onde gravitazionali provenienti dalle stelle vicine.

Perciò quella piccola regione di Universo diventerà sempre più ricca di nuova materia attirata dal Campo gravitazionale in aumento.

Se la massa di polveri cosmiche e di altre materiale sarà sufficientemente grande, allora la Contrazione gravitazionale continuerà pian piano ad aumentare, mentre il Nucleo inizierà a riscaldarsi rapidamente, fino a raggiungere una temperatura di diversi milioni di gradi.

Soltanto a queste temperature si innescheranno le reazioni termo-nucleari di fusione che trasformano l'Idrogeno in Elio, con liberazione di energia in misura conseguente al difetto di massa equivalente.

Dobbiamo però, a questo punto, ipotizzare l'esistenza della *Forza Antigравitaria*, non sapendo in quale altro modo giustificare la necessaria azione repulsiva, osservabile nelle stelle, che deve aver necessariamente arrestato la progressiva contrazione gravitazionale del Corpo Celeste, portandolo all'equilibrio, e facendo così nascere una nuova stella.

La nascita dei singoli Pianeti sarebbe anch'essa ipotizzabile sulla base del semplice principio che, se la quantità di Idrogeno atomico prodotto è maggiore della perdita superficiale di materia, questo tenderà ad incrementare la sua massa.

Il progressivo accumulo di massa al suo centro produrrà poi una Contrazione gravitazionale della massa totale, provocando così un aumento della pressione e quindi un incremento della temperatura del Nucleo interno, e il Corpo stellare andrà così a strutturarsi in più Gusci di diversa composizione atomica.

Gli elementi più pesanti saranno spinti dalla Contrazione gravitazionale nel Nucleo del Pianeta, mentre le Reazioni nucleari con elementi più leggeri si trasferiranno nei Gusci più superficiali.

Viceversa, nascerà una stella quando la materia presente nel Pianeta risulterà in quantità sufficiente ad auto-sostenere le più complesse reazioni termo-nucleari di fusione degli atomi di Idrogeno in Elio.

La stella però non esaurirà mai il proprio Idrogeno, poiché nel suo Core nucleare continuerà a produrre di continuo Elettroni e Protoni, e quindi nuovo Idrogeno atomico.

E' possibile ipotizzare che, di tanto in tanto, la Reazione di energia radiante si trasmetterà anche al centro della stella in un specie di implosione, aumentando ulteriormente la temperatura, che andrà così ad accumulare materia ed energia.

Più grande sarà la temperatura che consegue dall'aumentata pressione, più alta sarà la risposta alla *Forza Antigravitaria*, che dovrebbe quindi opporsi all'eccesso di accumulo di energia gravitazionale indotta dalla nuova materia creata, e più forte sarà di conseguenza l'esplosione di materia e di energia eiettata dalla nuova stella.

Osservando così le Galassie più lontane, possiamo giungere alla conclusione che il processo di concentrazione della materia pesante nel cuore delle Galassie sarà notevolmente accelerato nel caso di un'esplosione in "Nova" di qualche stella.

Così, ogni volta che si formerà troppa materia nel cuore di una Galassia, o sul suo Asse Maggiore, quando la Galassia è di tipo ellittico, ne risulterà purtroppo superato il suo punto critico, innescando allora un'azione esplosiva ancora più spaventosa della "Nova", giungendo quindi al fenomeno della cosiddetta "Super Nova", che determinerà l'espulsione dalla Galassia di enormi quantità di materia e liberazione di formidabili energie, facendo così raggiungere ai frammenti di tale esplosione velocità di allontanamento dal Cuore galattico molto prossime a quelle della Luce.

Queste masse globulari, che vengono espulse dalle Galassie, possono essere identificate come Centri creatori di nuove Galassie: le cosiddette "Radio-Sorgenti Quasi Stellari", cioè le famose "Quasar".

Secondo la stessa "*Teoria del Campo Ondulatorio*" di Cassani (²), l'esplosione continua o intermittente di nuova materia dal centro delle Galassie potrebbe giustificare le strane formazioni extragalattiche in banda ultravioletta di Van Den Berg.

La velocità e la quantità di materia espulsa dipenderanno dalla pressione e dalla densità gravitazionale della Galassia.

La *Forza Antigravitaria* agirebbe quindi in modo estremamente violento, e gli sbuffi di materia eiettata dovrebbero avere la forma d un'asta, poichè è l'unico modo con cui la Materia può raggiungere velocità prossime a quelle della Luce, con il risultato visibile di una classica Galassia "a spirale barrata".

Ogni Galassia produrrebbe quindi, al suo interno, nuova materia a causa delle tremende forze gravitazionali presenti al suo centro, e sarebbe pertanto una sorta di Galassia-Madre, da cui originerebbero almeno altre due Galassie-Figlie, le quali inizierebbero a respingersi fra loro, allontanandosi in due direzioni diametralmente opposte, come facilmente osservabile dai nostri telescopi...

Secondo la stessa "*Teoria del Campo Ondulatorio*" di Cassani (²), alcune di queste Galassie, come la ss433, potrebbero far raggiungere ai suoi getti l'incredibile velocità di ben 78.000 km al secondo (7,8E+7 metri al secondo), vale a dire il 26% della Velocità della Luce.

E' quindi essenziale, prima di tutto, comprendere la possibile unificazione di due grandi Leggi della Fisica: quella di Einstein e quella di Plank.

Secondo Einstein, per il Campo energetico gravitazionale di *massa peso*, l'Energia è:

$$E = m \times C^2 \text{ (massa peso moltiplicato Velocità della Luce al suo Quadrato).}$$

Secondo Plank, per il Campo energetico di Radiazione, l'Energia è:

$E = h \times N$ (*Costante di Plank* moltiplicata per la *Frequenza (N)*, dove *N* è il numero di onde che passano in un secondo attraverso una determinata regione.

E' merito di Cassani aver eguagliato queste due formule (²).

Eguagliate fra loro, $m \times C^2 = \text{Costante di Plank} \times N$, esse vengono poi interpretate in funzione della *Lunghezza d'onda (lambda)*, essendo *Lambda* pari a *Velocità della Luce (C)* DIVISO *Frequenza (N)*.

Formula unificatrice di Cassani: **massa = Costante di Plank DIVISO Lambda x C**

Tale eguaglianza fornisce il valore della *massa* ottenuta in base alla ben nota *Costante di Plank* DIVISA per il prodotto della “*Lunghezza d’onda delle Onde gravitazionali del Campo energetico di massa peso*” (***Lambda***) MOLTIPLICATO per la *Velocità della Luce* (**C**).

E’importante sottolineare che nel modello einsteniano la velocità dei fotoni di Luce è sempre identica alla misura di 300.000 chilometri al secondo (3E+8 metri/sec) e che tale misura è sempre la stessa anche nel caso delle Onde gravitazionali.

Viceversa, essa cambierà quando verrà impiegata per misurare la velocità dei Corpi celesti, come le stelle, i pianeti, gli asteroidi e ...*quella di un’Astronave terrestre*...

Interpolando le formule precedenti, troviamo anche:

$$\mathbf{Lambda = Costante\ di\ Plank\ DIVISO\ massa\ x\ C}$$

$$\mathbf{Costante\ di\ Plank = massa\ x\ Lambda\ x\ C}$$

$$\mathbf{C = Costante\ di\ Plank\ DIVISO\ massa\ x\ Lambda}$$

Il modello fisico che ne deriva, quello della “*Teoria del Campo Ondulatorio*” di Cassani ⁽²⁾, contiene tutti i termini per descrivere la natura ondulatoria della *massa peso* e del suo Campo energetico gravitazionale, permettendo così una precisa identificazione della *massa peso* come espressione delle Onde gravitazionali, meglio note come “Onde fantasma”, oppure come “Onde di Einstein”.

Cap. 19: Le Onde di massa dell'Astronave terrestre

L'Energia gravitazionale, intesa anche come Forza d'inerzia o il suo contrario (Forza cinetica), la Forza centripeta o il suo contrario (Forza centrifuga), la Forza gravitazionale o il suo contrario (Forza anti-gravitazionale), sono variazioni del Campo energetico gravitazionale *di massa peso* delle "Onde Fantasma" di Einstein.

Un'ipotetica Astronave terrestre, spinta da potenti motori a Fusione Fredda (vedi Premessa), avendo una propria massa, è essa stessa una sorgente di onde gravitazionali e di onde elettromagnetiche, poiché costituito da Protoni e di Elettroni, ciascuno dei quali emettitore di una propria quantità di onde elettromagnetiche e di onde gravitazionali.

L'*Energia gravitazionale* di questa nostra Astronave terrestre, lanciata oltre il nostro Sistema Solare, aumenterà con l'aumentare della sua *Velocità*, dandoci così modo di tradurre il vecchio concetto di "*Energia cinetica*" in "*Energia gravitazionale*" o "*Energia di massa peso*", la quale varierà in funzione delle *Velocità* dell'oggetto.

Le onde gravitazionali emesse dall'Astronave, in movimento attraverso gli Spazi siderali dell'Universo, tenderanno a variare nella loro forma, in maniera analoga alle onde acustiche di una sirena piazzata sul tetto di un'ambulanza, in vertiginosa corsa attraverso una grande strada delle nostre città.

Noteremo infatti che il suono della sirena in avvicinamento verso di noi, oltre che salire d'intensità, presenta anche un tono "acuto" rispetto invece al suono "grave" della stessa sirena, se in allontanamento da noi.

Al di là del suono, sempre più crescente d'intensità nella fase di avvicinamento e poi sempre più calante d'intensità nella fase di allontanamento, esso presenta due particolari e ben distinti toni, che definiamo rispettivamente "acuto" e "grave".

Per semplicità espositiva, in questo breve lavoro definiremo il tono "acuto", cioè quello in avvicinamento, come suono "blu", e definiremo invece il tono "grave", cioè quello in allontanamento, come suono "rosso", allo scopo di uniformare questo strano fenomeno, chiamato "Effetto Doppler", ben osservabile nel caso del suono della sirena di un'ambulanza, allo stesso fenomeno che gli Astronomi hanno notato nell'esplorazione dell'Universo, dove le luci delle Galassie, generalmente in netto allontanamento dalla nostra, risultano tutte invariabilmente spostate sulla Banda Rossa, vicino cioè all'Infrarosso, e quindi sulla radiazione termica di calore.

Viceversa, le luci delle stelle verso cui sembriamo avvicinarsi, come la costellazione della Vergine, tendono invariabilmente a virare verso la Banda Blu, e quindi molto vicino all'Ultravioletto.

Come noto, la Luce Rossa presenta lunghezze d'onda più lunghe di quella Blu, e al contempo presenta frequenze molto più basse, essendo la *Lunghezza d'onda* e la *Frequenza* inversamente proporzionali fra loro.

Perciò, se una di queste due grandezze fisiche tende a salire del proprio valore numerico, l'altra grandezza scenderà ineluttabilmente, e viceversa.

Riguardando i normali Testi universitari, troviamo infatti che la vecchia formula sulle onde elettromagnetiche della Luce era la seguente:

Velocità della Luce = *Lunghezza d'onda Luce* moltiplicato *Frequenza Luce*.

Questa formula fa sempre equivalere la *Lunghezza d'onda* della "Luce visibile" a valori compresi fra la "banda rossa", vicino all'Infrarosso, pari a $7,8E-7$ e la "banda violetta", vicina all'Ultravioletto, pari a $3,9E-7$.

Allo stesso tempo queste misure saranno legate alle loro rispettive *Frequenze*, le quali saranno comprese fra $3,8E+14$ e $7,7E+14$.

A livello di raggi X, la *Lunghezza d'onda* scende al di sotto di $10E-14$, mentre la sua *Frequenza* sale ad oltre $10E+22$.

Viceversa, a livello delle onde radio-televisive, la *Lunghezza d'onda* risale a circa $10E+4$ e la sua *Frequenza* scende a circa $10E+5$.

La *Velocità* è invece sempre quella della Luce, nel solito valore di $3E+8$ metri al secondo.

Tutto questo vale anche per la nota formula di Plank, secondo cui l'Energia dei Fotoni della Luce risulterà sempre pari al prodotto della *Costante di Plank* per la loro *Frequenza*.

Sappiamo infatti che, nei nostri Laboratori di Ricerca come il CERN di Ginevra, spingendo al massimo con livelli di energie fotoniche di $2E-10$, ottenute sperimentalmente con questi grandi acceleratori di particelle, la *Lunghezza d'onda Lambda* della Luce può scendere fino a qualche Fermi, vale a dire a circa $1E-15$ metri, mentre la *Frequenza* risale addirittura a valori di $3E+23$.

Tutto ciò sarà comune anche per le onde gravitazionali che, come quelle elettromagnetiche della Luce, degli Infrarossi o degli Ultravioletti, si comportano allo stesso modo.

Tutto ciò potrebbe essere associabile alla classica zona di acqua salmastra di un piccolo laghetto, caratterizzata da simmetrici cerchi di onde provenienti da una fontana costituita da una pompa di acqua marina, situata al centro del laghetto.

A questo punto proviamo ad immaginare questa pompa d'acqua marina in movimento, e definiremo pertanto “prua” la parte del bocchettone della pompa più affilata, con la quale la pompa marina avanzerà al centro del lago, come una misteriosa nave...

Potremmo così osservare due diversi tipi di onde marine sulla superficie leggermente increspata del laghetto, sostanzialmente simili dal punto di vista concettuale sia alle onde acustiche “acute” e “grevi” della sirena di ambulanza, sia alle onde elettromagnetiche di Luce rossa o blu-violetta, e infine a quelle gravitazionali dell'ipotetica Astronave terrestre in accelerazione sempre più crescente verso una lontana Galassia...

In particolare, potremmo notare che le onde formatesi a “prua” del bocchettone d'acqua in movimento (Astronave), irradiandosi a semiarco davanti ad esso, tendano ad essere molto più vicine le une alle altre, cioè molto più “frequenti” e noteremo che questa “Frequenza” raggiungerà il proprio massimo proprio quando le onde di prua giungeranno ad attaccarsi le une alle altre.

Ma ciò avverrà soltanto quando avremo spinto il bocchettone di questa nave alla sua massima *velocità* possibile.

A prua, la loro altezza sul pelo dell'acqua, cioè la loro *Lunghezza d'onda Lambda*, risulterà estremamente bassa, fin quasi ad annullarsi, determinando però una notevole *Frequenza* di queste serie di onde a semiarco, che vedremo quasi toccarsi fra loro, e che dimostreranno una loro forza inaspettata nello spostare piccole foglie o rametti galleggianti posti sul davanti della prua della nostra pompa di acqua marina in movimento, cioè davanti alla misteriosa imbarcazione sperimentale “a bocchettone”.

E le chiameremo “onde blu-violetto”.

A poppa, cioè dietro questo bocchettone nautico in movimento, si crea un altro semicerchio di onde, le quali hanno molta meno forza delle prime, risultando molto distanziate le une fra le altre, e quindi molto poco “frequenti” nel loro impatto con oggetti di superficie, e con un effetto finale sostanzialmente trascurabile.

Le onde di “poppa”, avendo quindi una *Frequenza* così bassa, avranno però una *Lunghezza d’onda* molto alta, ben evidente nelle loro alte creste sul livello dell’acqua, ma sostanzialmente poco importanti, poiché è la *Frequenza* e non *Lunghezza d’onda Lambda* a determinare la “forza” dell’onda.

Le chiameremo “onde rosse”.

Tutto ciò è sostanzialmente trasferibile, come concetto, anche alle onde acustiche della sirena, a quelle elettromagnetiche, e soprattutto a quelle gravitazionali di un’Astronave terrestre entrata in rotta di collisione con un Asteroide.

Per semplicità espositiva, proviamo quindi ad immaginare che anche le onde gravitazionali abbiano due colori ben caratteristici: un colore blu-violetto, cioè vicino all’Ultravioletto per le onde di *Frequenza* alta e di bassa *Lunghezza d’onda Lambda* emesse dalla prua dell’Astroanve e, viceversa, un colore rosso, cioè molto vicino all’Infrarosso termico, per le onde gravitazionali di bassa *Frequenza* e quindi di alta *Lunghezza d’onda Lambda*, emesse dalla poppa della stessa Astronave.

Dobbiamo quindi presumere che se potessimo osservare le sue onde gravitazionali “a colori”, vedremmo la prua come sorgente di onde blu-violetto, molto vicine all’Ultravioletto, e un secondo semiarco di onde rosse, molto vicine all’Infrarosso, e quindi molto “calde”, proiettarsi dalla poppa verso l’indietro.

Possiamo anche affermare che qualsiasi Astronave emetterà sempre davanti alla propria prua onde elettromagnetiche ad alta *Frequenza* e bassa *Lunghezza d’onda*, e quindi su banda luminosa blu-violetta, vicine all’Ultravioletto.

Viceversa, dalla sua parte posteriore, emetterà sempre onde elettromagnetiche su banda rossa, e quindi vicine all’Infrarosso termico, caratterizzate da *Lunghezza d’onda Lambda* molto alta e a bassa *Frequenza*, vale a dire molto distanziate fra loro.

Le onde gravitazionali e quelle elettromagnetiche presenti a prua dell’Astronave risulterebbero quindi accorciate rispetto a quelle posteriori, cioè situate a poppa, e che risulterebbero invece “allungate”.

La struttura di queste due diverse onde gravitazionali, cioè quelle “blu” e quelle “rosse”, si manterrebbe costante, senza variazioni apparenti, se la velocità dell’Astronave continuasse a mantenersi costante nella sua rotta di avvicinamento verso l’Asteroide, posto sulla sua rotta di collisione.

Aumentando la velocità dell'Astronave (A.S.), e quindi la sua "Energia cinetica", si assisterebbe ad un ulteriore accorciamento a prua delle onde gravitazionali ed elettromagnetiche blu-violette, che tenderebbero a farsi ancora più corte come *Lunghezza d'onda* e sempre più vicine le une alle altre, aumentando così la loro *Frequenza* gravitazionale ed elettromagnetica.

L'incremento della *Frequenza* gravitazionale dell'Astronave (A.S.) è quindi direttamente collegato all'incremento della sua *massa peso*.

Riprendendo infatti la vecchia formula di Einstein (*Energia = massa peso per Velocità della Luce al suo quadrato*) e quella di Plank (*Energia = Costante di Plank moltiplicata per Frequenza*), eguagliate fra loro da Cassani come precedentemente illustrato, possiamo affermare che l'*Energia* gravitazionale d'impatto, e quindi di una qualsiasi Astronave (A.S.), sarà data esclusivamente dalla sua *massa peso* e dalla sua *velocità*, in funzione della *Costante di Plank* (6,63E-34) moltiplicata per la *Frequenza*, e che rappresentano entrambe l'Energia:

$$6,63E-34 \times \text{Frequ. gravitaz. di A.S.} = \text{massa peso A.S.} \times (\text{Velocità A.S.})^2$$

Da tutte queste formule, si evince che ciò che farebbe aumentare l'Energia dell'Astronave sarebbe quindi la sua *Frequenza* gravitazionale, la sua *massa peso*, e la sua *Velocità*.

Poiché la *Frequenza* è inversamente proporzionale alla *Lunghezza d'onda*, possiamo anche affermare che la *Lunghezza d'onda Lambda*, o il *Raggio Dimensionale*, tenderebbero invece ad ostacolare l'accumulo di *Energia* da parte dell'Astronave.

Possiamo infatti affermare, fin da adesso, che sarà la *Frequenza* gravitazionale il dato numerico che farà salire la forza energetica dell'Astronave, mentre la sua *Lunghezza d'onda* gravitazionale tenderà invece a far abbassare la sua *Energia* complessiva, dovendo quindi considerarla una sorta di "freno interno" all'incremento energetico dell'Astronave, in rotta di collisione con l'Asteroido a *velocità* sempre più alta.

Possiamo ipotizzare che esisterà quindi un punto-limite di *Velocità* massima che l'Astronave non potrà mai in alcun modo superare, pena la sua disintegrazione, e questo pur in assenza di qualsiasi forma di attrito, essendo in caduta libera, nell'assoluto vuoto siderale dello Spazio.

E' anche importante, fin da ora, comprendere che la *Velocità* dell'Astronave non potrà mai essere quella della Luce, e possiamo inoltre già affermare che risulterebbe comunque molto difficile poter raggiungere impunemente velocità prossime a quelle della Luce.

L'impossibilità di raggiungere *Velocità* prossime a quelle della Luce dipende dal fatto che l'Astronave stessa produce onde gravitazionali di *Lunghezza Lambda* a prua della sua struttura che non potranno accorciarsi più di una certa dimensione, per ragioni inerenti alle formule sopra riportate.

Saranno quindi proprio le *Lunghezze d'onda Lambda* gravitazionali da essa stessa generate a frenare la sua *velocità*.

Tutto questo fa comprendere l'assurdità di ipotizzare viaggi interstellari da parte di Astronavi terrestri senza aver prima compreso l'evidente accorciamento delle loro rispettive *Lunghezze Lambda*, o *Raggi Dimensionali*, nel caso riuscissero a raggiungere *velocità* di crociera sub-fotoniche: *velocità* che obbligano a considerare le particolari conformazioni geometriche che, pur determinando l'emissione delle onde gravitazionali da parte dell'Astronave, siano anche in grado di non ostacolarne la *velocità* stessa.

Sta proprio in questa semplice evidenza fisica il motivo per cui un qualsiasi oggetto spaziale, artificiale o naturale, non potrà mai raggiungere la *Velocità della Luce*, e che comunque, anche volendo raggiungere *velocità* prossime ad essa, dovrà sempre necessariamente presentare una struttura adatta a ridurre il più possibile l'accumulo stesso di onde gravitazionali davanti alla sua stessa prua, ricordando molto la problematica costruttiva di aerei supersonici progettati per raggiungere velocità sub-soniche.

Per ciò che riguarda il nostro lavoro, tutto ciò è applicabile anche nel pensare all'ipotetica forma geometrica della nostra Astronave che, ipotizzandola a *velocità* molto prossime a quella della Luce, deve necessariamente risultare di forma molto affusolata: verosimilmente di forma discoidale, per non essere essa stessa rallentata dal suo spaventoso Campo gravitazionale, fatto che comunque gli permetterebbe di disintegrare un qualsiasi Asteroide posto sulla sua rotta, poichè capace di sviluppare una *Frequenza* gravitazionale ben superiore a quella dello stesso Asteroide.

Dalle osservazioni astronomiche è documentabile che "Frammenti Massicci" della Galassia ss433 sono stati calcolati di *velocità* pari addirittura ad un quarto di quella della Luce (7,8E+7 metri al secondo).

Tornando così al nostro simpatico bocchettone di pompa marina in movimento nel laghetto palustre, intento a provocare la formazione di continue onde “blu-ultraviolette” alla sua prua e di continue onde “rosse all’infrarosso” provenienti invece dalla sua poppa, osserveremo poi il viraggio del colore di entrambe queste onde al “bianco” in caso di completo arresto della nave-bocchettone, con successiva immobilità del bocchettone sulle acque salmastre del laghetto, determinando così la perfetta “Simmetria Sferica” di queste onde “bianche”.

Facendo di nuovo muovere il bocchettone d’acqua salmastra, le onde “bianche” cambieranno colore e perderanno la loro perfetta “Simmetria Sferica” con comparsa a prua, sul pelo dell’acqua, di onde “blu-ultraviolette”, in graduale incremento della loro *Frequenza* e con accorciamento della loro *Lunghezza-Altezza*, e viceversa, con comparsa a poppa, sempre sul pelo dell’acqua, di onde “rosse vicine all’Infrarosso” di alta *Lunghezza d’onda*, e di bassa *Frequenza*.

Osservando la prua di tale struttura posta in movimento, ricorderemo così il concetto del “*Principio di Simmetria Relativa*” enunciato da Cassani trentacinque anni fa, e con cui riteniamo di poter anche affermare la seguente relazione in merito alla nostra Astronave in uscita dal nostro Sistema Solare, in piena Curvatura Spazio-Tempo:

“Ogni Astronave, quale sorgente d’onde gravitazionali, si comporta in modo da mantenere simmetrica ogni variazione ondulatoria nel suo interno”.

Perciò, in base al “Principio di Simmetria Relativa” di Cassani, possiamo affermare che ogni variazione dell’*Energia* gravitazionale dell’Astronave, dovuta all’interazione di essa con un Asteroide entrato in rotta di collisione con il suo Campo gravitazionale, dovrà necessariamente produrre una variazione dell’*Energia* gravitazionale di questo Asteroide, e in particolar modo proprio in quella sua particolare regione che risulterebbe situata in posizione simmetrica e opposta rispetto al Centro del Campo gravitazionale energetico di *massa peso* dall’Astronave, entrata in rotta di collisione con l’Asteroide stesso.

Riprendendo il paragone con il nostro laghetto palustre, la *Velocità* a cui il bocchettone in movimento potrà essere spinto sulla superficie del laghetto sarà direttamente proporzionale alla capacità delle onde marine “blu-violette”, poste a prua, di esistere ancora, pur accorciando vistosamente la loro *Lunghezza-Altezza*, ma ancora mantenendosi sufficientemente alzate sul pelo dell’acqua, pur ravvicinandosi moltissimo fra loro e aumentando così enormemente la loro *Frequenza*, con impatto notevole su qualsiasi oggetto galleggiante posto nell’immediata vicinanza del bocchettone, come rametti o alghe marine.

E' ovvio considerare che esisterà una velocità-limite comunque non superabile dal bocchettone, oltre la quale le onde d'acqua dovrebbero raggiungere lunghezza-altezza pari a zero, e quindi annullarsi, fatto che non può avvenire in Natura.

Analogamente a ciò, anche le onde gravitazionali blu-violetto di *Lunghezza d'onda Lambda* presenti a prua dell'Astronave, e provocate dalla *Velocità* sempre più alta, potranno accorciarsi soltanto fino ad un determinato punto-limite, assolutamente non superabile, anche qui per legge di Natura.

In base alla Fisica Deterministica di Einstein-Cassani, esisterà quindi una misura ultima di spazio fisico, presente nella materia sub-atomica dell'Astronave, estremamente minima nelle sue dimensioni, che ne determinerà la *Velocità* massima raggiungibile e assolutamente non superabile.

Possiamo quindi indicare la *Velocità* dell'Astronave verosimilmente pari ad una piccola frazione della *Velocità della Luce C* che, per semplicità, stimiamo pari alla medesima *velocità* osservata nella Galassia ss433 (7,8E+7 metri al secondo), e dare quindi ad essa una valenza molto importante per il calcolo successivo dell'*Energia* liberata al momento dell'impatto con il piccolo Campo gravitazionale dell'Asteroido.

Possiamo innanzitutto affermare che l'*Energia* gravitazionale dell'Astronave (A.S.) in rotta di collisione con l'Asteroido sarà pari alla *Velocità* di A.S., intesa come frazione di Velocità della Luce, moltiplicata per la *massa peso* di A.S.

$$\begin{aligned} \text{Energia di A.S.} &= 6,63\text{E-}34 \times \text{Frequenza gravitazionale di A.S.} = \\ &= \text{massa peso A.S.} \times (\text{Velocità A.S.})^2 \end{aligned}$$

Poiché la *massa peso* considerata viene data in chilogrammi, possiamo affermare che, di conseguenza, la *Frequenza* gravitazionale di un solo chilo di A.S. alla velocità teorica di 7,8E+7 metri al secondo sarebbe pari a (7,8E+7)², moltiplicata per 1 kg, il tutto diviso per la *Costante di Plank*:

$$\begin{aligned} \text{Frequenza gravitazionale di 1 kg di A.S.} &= \frac{\text{massa peso 1 kg} \times (\text{Velocità})^2}{6,63\text{E-}34} \end{aligned}$$

Ovviamente, una piccola Astronave terrestre, in quiete, non ancora spinta da un motore a Fusione Fredda, risulterebbe pesante diversi milioni di tonnellate...

Poiché l'*Energia* gravitazionale è data dal prodotto della *Frequenza* moltiplicata per la *Costante di Plank*, possiamo quindi giungere alla seguente stima della sua *Energia*:

$$\text{Energia gravitaz. di 1 kg di A.S.} = 6,63\text{E-}34 \times \text{massa peso 1 kg} \times (\text{Velocità})^2$$

$$6,63\text{E-}34$$

Semplificando per la stessa *Costante di Plank*, che togliamo sia a destra che a sinistra, otteniamo così la semplice formula di Einstein:

$$\text{Energia gravitazionale di 1 kg di A.S.} = \text{massa peso 1 kg} \times (\text{Velocità})^2$$

Su questa traccia, possiamo quindi provare a calcolare le diverse *Frequenze gravitazionali* di masse sempre più grandi, tutte accelerate a *velocità* estreme di $7,8\text{E}+7$ metri al secondo, calcolandole fino a raggiungere le dimensioni di una ipotetica Astronave (A.S.) terrestre grande quanto un attuale Sottomarino nucleare americano classe “Ohio” o russo, classe “Typhon”, costruito interamente a partire da un cubo metallico di cento metri di lunghezza, cento metri di larghezza e cento metri di altezza, fatto che ci permette quindi di conoscere la sua *massa peso* (escludendo il Motore a Fusione Fredda, il suo combustibile, l’equipaggio umano, le serre idroponiche e le suppellettili)...

Sappiamo che 1 decimetro cubo di acqua equivale a 1 kg.

Poiché stiamo ipotizzando materiali di costruzione dell’Astronave costituiti da vari metalli, come ad esempio il Titanio, l’Acciaio e il Vanadio, riteniamo che essi possano pesare circa 100 volte più dell’acqua, per ragioni precedentemente esposte.

Il Motore sarà particolarmente importante, anche riguardo agli schermi protettivi, interamente costituiti da Gadolinio 157 e Boro 10, per la protezione dell’equipaggio dalla costante emissione di Neutroni veloci e termici (vedi Cap. 20).

Ne risulterà quindi il seguente schema:

0,1 metri al cubo = 1 decimetro cubo = 100 kg di metallo

1 metro al cubo = 1 metro cubo = 100 tonnellate di metallo

10 metri al cubo = 10 metri cubici = 100.000 tonnellate di metallo

100 metri al cubo = 100 metri cubici = 100 milioni di tonnellate di metallo

Per ragioni di calcoli successivi, possiamo riportare tali dati nel seguente schema:

1 decimetro cubo = 100 kg di metallo

1 metro cubo = 1E+5 kg di metallo

10 metri cubici = 1E+8 kg di metallo

100 metri cubici = 1E+11 kg di metallo

Un'Astronave terrestre, corrispondente a 100 metri al cubo, cioè a 100 metri cubi, risulterà quindi pesante 1 E+8 tonnellate = 1E+11 kg

Ipotizzando che questa Astronave viaggi a velocità prossime ad un quarto di quella della Luce, e precisamente vicine a 7,8E+7 metri al secondo, possiamo adesso calcolare la sua *Frequenza Gravitazionale*:

$$\text{Energia Gravitazionale dell'Astronave} = 1E+11 \text{ kg} \times (7,8E+7)^2$$

Consideriamo ancora questi ulteriori calcoli:

$$\text{Energia Gravitazionale dell'Astronave} = 1E+11 \text{ kg} \times 6E+15 = 6E+26$$

A questo punto risulta facile confrontare l'*Energia Gravitazionale* dell'Astronave con l'*Energia Gravitazionale* di un piccolo Asteroide di soli dieci metri cubi (10 metri di lunghezza per 10 metri di larghezza e per 10 metri d'altezza).

Per semplicità di calcolo stimiamo il peso della roccia simile a quello del metallo, e in entrambi i casi 100 volte più pesanti dell'Acqua.

Possiamo allora risolvere con la precedente Formula Generale il calcolo della *Frequenza Gravitazionale* di questo piccolo Asteroide, alla deriva nello Spazio ad una velocità simile a quella dei nostri satelliti spaziali, e quindi di circa 40.000 chilometri orari, pari quindi a 4 E+7 metri orari, e quindi 14.400 E+7 metri al secondo, cioè 1,4 E+11 metri al secondo.

Formula di utilizzo:

$$6,63E-34 \times \text{Freq.Gravitaz. Asteroide} = \text{massa peso Asteroide} \times (\text{Velocità Asteroide})^2$$

Da cui:

$$6,63E-34 \times \text{Freq. Gravitaz. Asteroide} = \text{massa peso Asteroide} \times (1,4 E+11)^2$$

La *massa peso* di questo Asteroide è risolvibile con la seguente correlazione:

0,01 metri al cubo = 1 centimetro cubo = 1 grammo d'acqua

0,1 metri al cubo = 1 decimetro cubo = 1 kg d'acqua

1 metro al cubo = 1 metro cubo = 1 tonnellata d'acqua

10 metri al cubo = 10 metri cubici = 1.000 tonnellate d'acqua

Un cubetto di acqua, corrispondente a 10 metri al cubo (10 m di lunghezza x 10 m di larghezza x 10 m d'altezza), risulta quindi pesante 1 E+3 tonnellate = 1E+5 kg.

Un cubetto di roccia presenta una densità aumentata di circa 100 volte rispetto a quella dell'acqua, e perciò, se dev'essere corrispondente a 10 metri al cubo (10 m di lunghezza x 10 m di larghezza x 10 m d'altezza), risulterà pesante 1E+5 tonnellate = 1E+8 kg (se costituito da sola roccia).

Da cui:

$$6,63E-34 \times \text{Freq. Gravitaz. Asteroide} = 1E+8 \text{ kg} \times (1,4 E+11)^2$$

$$\text{Freq. Gravitaz. Asteroide} = \frac{1E+8 \text{ kg} \times (1,4 E+11)^2}{6,63E-34}$$

$$6,63E-34$$

Tale *Frequenza* gravitazionale risulta essere notevolmente inferiore a quella dell'Astronave.

Possiamo quindi così descrivere gli Eventi della spaventosa interazione fra i due Campi gravitazionali, senza ancora un effettivo impatto da contatto fisico:

La *Lunghezza d'Onda Lambda* blu-violetto del *Campo Gravitazionale* dell'Asteroide si ridurrebbe di colpo sotto l'effetto delle Onde gravitazionali dell'Astronave.

Di qui il cedimento repentino e improvviso del suo *Campo gravitazionale*, notevolmente inferiore a quello della nostra Astronave.

Questo cedimento del *Campo gravitazionale* dell'Asteroide potrebbe essere spiegato dal possibile "trasferimento" di *Energia Gravitazionale* dall'Astronave all'Asteroide stesso.

Questo iper-accumulo da parte dell'Asteroide di subitanea *Energia Gravitazionale* determinerà l'accorciamento improvviso della *Lunghezza d'Onda Lambda* del *Campo Gravitazionale* dello stesso Asteroide, che scederà quindi immediatamente a valori estremamente bassi determinando, al contempo, il subitaneo innalzamento della sua *Frequenza Gravitazionale* a valori altissimi, in base alle leggi della Fisica per le quali la *Lunghezza d'Onda Lambda* è sempre inversamente proporzionale alla sua *Frequenza Gravitazionale*.

Riteniamo che anche le sue Onde elettromagnetiche dovranno scendere a valori bassissimi, poiché la loro natura dovrebbe essere sostanzialmente simile a quella delle Onde gravitazionali.

Da ciò si ricava la nostra tesi che l'intera materia che compone l'Asteroide verrebbe frantumata in miliardi di pezzi, prima ancora del suo impatto con l'Astronave, non potendo esistere masse compatte di materia a *Frequenze Gravitazionali* così alte.

La tremenda *Energia Gravitazionale* dell'Astronave dovrebbe quindi sminuzzare in miliardi di pezzi l'intera massa dell'Asteroide, determinando emissione istantanea di Onde elettromagnetiche fotoniche su tutta l'intera gamma elettromagnetica conosciuta: dall'Infrarosso all'Ultravioletto, ai Raggi X alla Luce visibile e alle Onde Radio: un'esplosione abbacinante...

In dettaglio, possiamo anche affermare che la struttura di un qualsiasi Asteroide, a differenza di quella longilinea di un'Astronave, fornirebbe un gran numero di punti di aggancio nella sua struttura atomica, dove le oscillazioni di gradiente energetico e quindi di *Frequenza Gravitazionale*, dovuta alle interazioni fra Astronave e Asteroide, potranno casualmente sintonizzarsi su una *Frequenza Gravitazionale* più

alta di quella che l'Asteroide presentava prima dell'interazione dei due *Campi Gravitazionali* contrapposti, essendosi trovati sulla stessa rotta di collisione.

Si formano allora delle correnti di *Energia Gravitazionali* "parassite" provenienti dall'Asteroide, in grado di reagire con il *Campo Gravitazionale* ad altissima *Frequenza* dell'Astronave.

Di qui lo Sbalzo improvviso della *Frequenza Gravitazionale* dell'Asteroide, con caduta della sua *Lunghezza d'Onda Lambda*, e quindi del suo stesso *Raggio Dimensionale*, con l'immediata frantumazione dell'Asteroide stesso in un'esplosione.

Per la dinamica delle *Masse in moto*, la Struttura ondulatoria di una qualsiasi Sorgente di Onde, da quelle acustiche di una sirena d'ambulanza a quelle gravitazionali di un'Astronave in rotta di collisione con un Asteroide, sono perfettamente descrivibili dal classico "Effetto Doppler" delle Onde sonore, che esprime tutte le variazioni delle Lunghezze d'Onda nei dintorni della Sorgente acustica in moto, come ad esempio quella di una sirena d'ambulanza in avvicinamento verso l'osservatore, rispetto al suono della stessa sirena nella successiva fase di allontanamento dallo stesso osservatore.

Le variazioni dello Stato ondulatorio, tra la condizione di "quiete" e quella di "moto uniforme" della Sorgente d'Onde gravitazionali, da noi ipotizzato per la stessa Astronave, rendono chiare ed esplicite le ragioni dell'accumulo di *Energia Cinetica* nella *Massa in moto* di essa, e quindi del suo *Incremento di Massa*, pur essendo questo concetto rifiutato dalla Fisica Quantistica, per la quale l'*Incremento di Massa* avviene soltanto negli oggetti che raggiungono velocità molto prossime a quelle della Luce.

Da quanto finora esposto si può invece affermare che l'accumulo di "Energia Cinetica" è in realtà equivalente ad un accumulo di Massa, cioè un *Incremento del Campo energetico gravitazionale di Massa*, perché l'Astronave, essendo Sorgente di Onde gravitazionali, produce davanti a sé Onde gravitazionali di *Lunghezza d'Onda Lambda* di misura leggermente minore.

La *Lunghezza d'Onda Lambda* minore equivale quindi ad un semplice incremento dell'*Energia gravitazionale di Massa*, cioè del *Campo energetico di Massa*, che risulterà quindi maggiore.

Cap. 20: Radio-Protezione da Neutroni

Qualunque potrà essere il modello di Motore a Fusione Fredda che la Comunità scientifica internazionale deciderà di sviluppare, è ben chiaro che avrà ben poco di “Freddo”, potendo raggiungere e superare alcune migliaia di Gradi Celsius.

In qualità di medico specialista in Medicina Nucleare posso soltanto affermare che il problema più grave risulterà quello costituito dalla costante esposizione dell'equipaggio a Radiazioni interne a base di Neutroni provenienti dalla poppa dell'Astronave.

In termini di salute, questo determinerà la necessità di proteggere l'equipaggio con l'unico materiale in grado di assorbire elevatissime quantità di Neutroni: il Gadolinio 157, seguito dal Boro 10.

Essendo estremamente costoso, questo materiale dovrebbe essere posto nelle immediate adiacenze della sorgente primaria di Neutroni, vale a dire in prossimità del Core termico del motore a Fusione Fredda, calcolando la temperatura massima di esposizione che raggiungerà senza fondere.

In tal modo si potrà ottenere una buona protezione dell'equipaggio.

Le radiazioni di Neutroni sono infatti le più pericolose in assoluto, come verrà qui di seguito illustrato.

Ma un motore a Fusione Fredda produrrà anche un elevato flusso di Tritoni, e questi ultimi hanno purtroppo la capacità di trasmutare lo stesso Gadolinio 157 in Gadolinio 159 (Lovhoiden G., A (t,p) study of Levels in ^{156}Gd , ^{157}Gd , ^{158}Gd and ^{159}Gd , “Nuclear Physics” A494, pp. 157-185, 1989): un radionuclide beta-emittente a breve decadimento fisico (circa 18,5 ore di emi-dimezzamento), risultando quindi estremamente pericoloso per la salute, se inalato nei polmoni o venuto a contatto con la cute, e la cui C.D.U.K. risulterebbe, sempre in base ai nostri calcoli bio-dosimetrici, soltanto 8 volte superiore alla C.D.U.K. dei Plutonidi e degli Uranidi, e per questi ultimi da noi stimata pari a 1 solo nano-Curie.

Tab.1.: formula generale per la Dose di attenuazione
Calcolo delle Dose neutronica attenuata (a scopo protezionistico)
(impiego di μ , S.E.V., Libero percorso medio)

$$I = I(0) \times e^{-\mu X}$$

Dove:

I = intensità della radiazione a valle della schermatura (radiazione emergente)

I(0) = intensità della radiazione a monte della schermatura (radiazione incidente)

e = numero di Neper, equivalente a circa 2,7183

μ = coefficiente di assorbimento lineare (in cm^{-1}). Esso è pari a 0,6931

S.E.V.

μ si può anche definire come la frazione del numero di FOTONI (anche NEUTRONI) rimossa dal campo di radiazione per centimetro di mezzo assorbente.

Dipende in genere dall'energia dei FOTONI (o NEUTRONI), e dal numero atomico dell'elemento-barriera. Nel caso dei NEUTRONI intervengono altri fattori, come la particolare natura dell'atomo con cui interagiscono gli stessi NEUTRONI, da cui il significativo vantaggio di impiegare alcuni di essi come elemento-barriera, in particolare il Boro 10 e, soprattutto, il Gadolinio 157.

S.E.V. (Spessore di Emi-valenza): è lo spessore che riduce di $1/2$ volta il rateo di dose di una certa sorgente. Misura pertanto la *durezza* del fascio di radiazioni.

X = spessore (in cm) dello schermo considerato, di cui si vuol conoscere la frazione **I** di radiazione emergente.

Libero percorso medio (L.p.m.): è la distanza di percorso necessaria, espressa in centimetri, effettuata da FOTONI, per avere un certo numero di FOTONI convertiti in elettroni secondari (arresto dei FOTONI), considerando che il numero di FOTONI convertiti sia stabile, cioè uguale per ogni centimetro di materiale attraversato.

Danni biologici da NEUTRONI

L'esposizione anche a bassi flussi di NEUTRONI comporta sempre un importante danno, non trascurabile.

Essi hanno una distribuzione dose-profondità simile a quella dei FOTONI, vale a dire una decrescita esponenziale della deposizione di energia nei tessuti umani.

I NEUTRONI si possono sostanzialmente suddividere in 4 principali gruppi:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1) Neutroni termici: | da circa 0,001 eV, a circa 0,1 eV. |
| 2) Neutroni lenti (epitermici): | da circa 0,1 eV, a circa 1 keV. |
| 3) Neutroni intermedi (epitermici): | da circa 1 keV a circa 500 keV. |
| 4) Neutroni veloci: | da circa 500 keV in poi. |

La diversa energia dei NEUTRONI implica una diversa dose depositata ai tessuti attraversati:

Tale dose depositata dimostra da un lato il suo elevato valore espresso in RAD o centi-Gray (Graf. 1 e 2), e dall'altro il suo ulteriore incremento per la dose equivalente espressa in REM o centi-Sievert (tab. 3), che mutano entrambe di questo valore, via via che l'energia neutronica decresce attraversando i tessuti corporei umani fino a raggiungere valori di termalizzazione (Graf. 1 e 2).

La dose media assorbita in un tessuto da una sorgente neutronica viene definita, come per tutte le radiazioni, come il rapporto tra l'energia depositata nel tessuto e la sua massa.

La vecchia unità di misura era il RAD (attualmente sostituita dal Gray) che veniva fatta corrispondere all'assorbimento di 100 erg / grammo:

$$1 \text{ RAD} = 100 \text{ erg / grammo} = 1 \text{ centi-Gray}; 1 \text{ Gray} = 100 \text{ RAD}$$

Nella dosimetria con NEUTRONI è però preferibile l'impiego del K.E.R.MA. (*Kinetic Energy Released in MAterial*), definito come l'energia trasferita alle particelle cariche per unità di massa di tessuto irradiato.

La I.C.R.U. ha infatti introdotto il concetto di K.E.R.MA., definendolo come il rapporto tra la somma di tutte le particelle cariche liberate da particelle indirettamente ionizzanti, come ad esempio i NEUTRONI, in un elemento di volume del materiale specificato, e la massa della materia compresa nello stesso elemento, di volume abbastanza piccolo da non perturbare apprezzabilmente il campo di radiazioni delle particelle indirettamente ionizzanti.

Il K.E.R.MA tende a variare con l'energia incidente del fascio neutronico e con l'abbassamento di tale energia via via che il fascio neutronico tende a raggiungere profondità tissutali sempre più ampie, dando così luogo ad assorbimento di energia sempre più crescente.

Il K.E.R.MA. si misura anch'esso in erg / grammo come il RAD o il centi-Gray, ma differisce da essi in quanto l'energia in questione non è necessariamente assorbita nell'elemento di massa considerato.

La relazione tra K.E.R.MA. e dose assorbita non è quindi semplice.

Lo diviene solo in condizioni in equilibrio delle particelle, cioè quando l'energia portata fuori da un elemento di volume dagli elettroni secondari è uguale a quella che entra in esso: l'energia trasferita alle particelle cariche è allora uguale alla dose assorbita.

Le condizioni di equilibrio in un tessuto si hanno essenzialmente con i nuclei di rinculo associati ad Idrogeno, Carbonio, Ossigeno e Azoto: poichè il loro percorso in tessuto è molto breve, nella pratica queste condizioni teoriche sono rispettate.

Tra 1 kev e 20 MeV, il principale meccanismo di trasferimento energetico è la diffusione elastica, mentre i NEUTRONI termici possono essere catturati ed iniziare così una reazione nucleare con tessuto biologico (Idrogeno, Carbonio, Azoto, Ossigeno) e materiale estraneo.

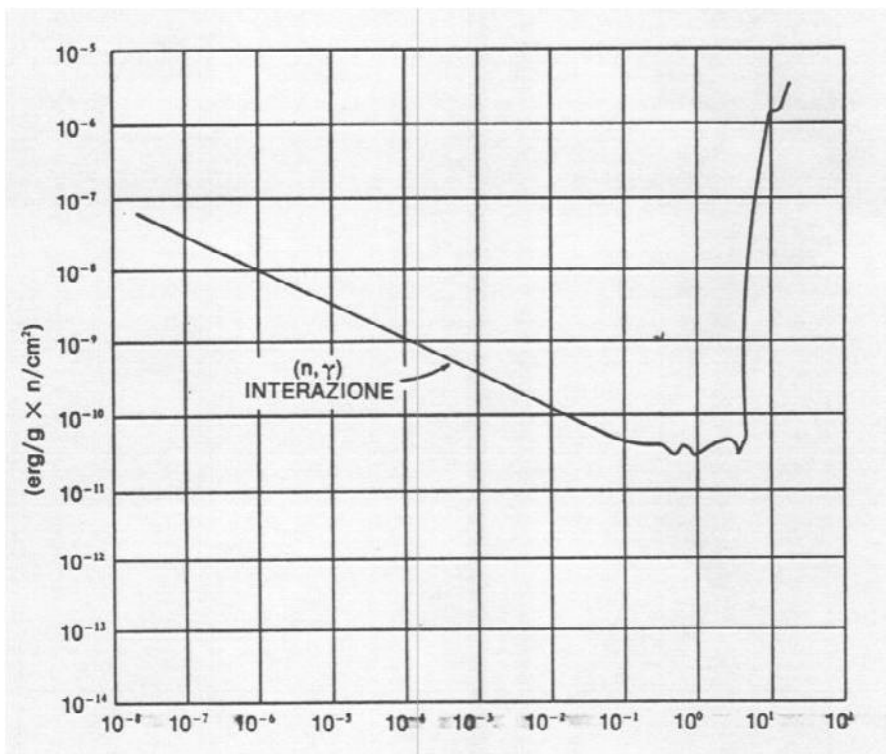
Nel caso di diffusione elastica, i nuclei di rinculo dissipano la loro energia nelle immediate vicinanze del sito d'interazione, mentre il NEUTRONE diffuso, potendosi allontanare anche di molto dal punto di prima interazione, non viene considerato nella valutazione del deposito energetico locale.

Graf. 1: energia trasferita ai fotoni nella reazione $^1\text{H} (n, \gamma) ^2\text{H}$, per NEUTRONI di varie energie incidenti su una piccola massa isolata di tessuto. Calvazara F., Piccin Editore, 1976

In Grafico 1 è riportata l'energia trasferita ai fotoni nella reazione $^1\text{H} (n, \gamma) ^2\text{H}$, per NEUTRONI di varie energie incidenti su una piccola massa isolata di tessuto.

L'energia trasferita ai quanti è rilevante per energie neutroniche al di sotto del keV, come nel caso dei NEUTRONI termici ed epitermici considerati in questo paragrafo, a causa del contributo della reazione indicata sopra.

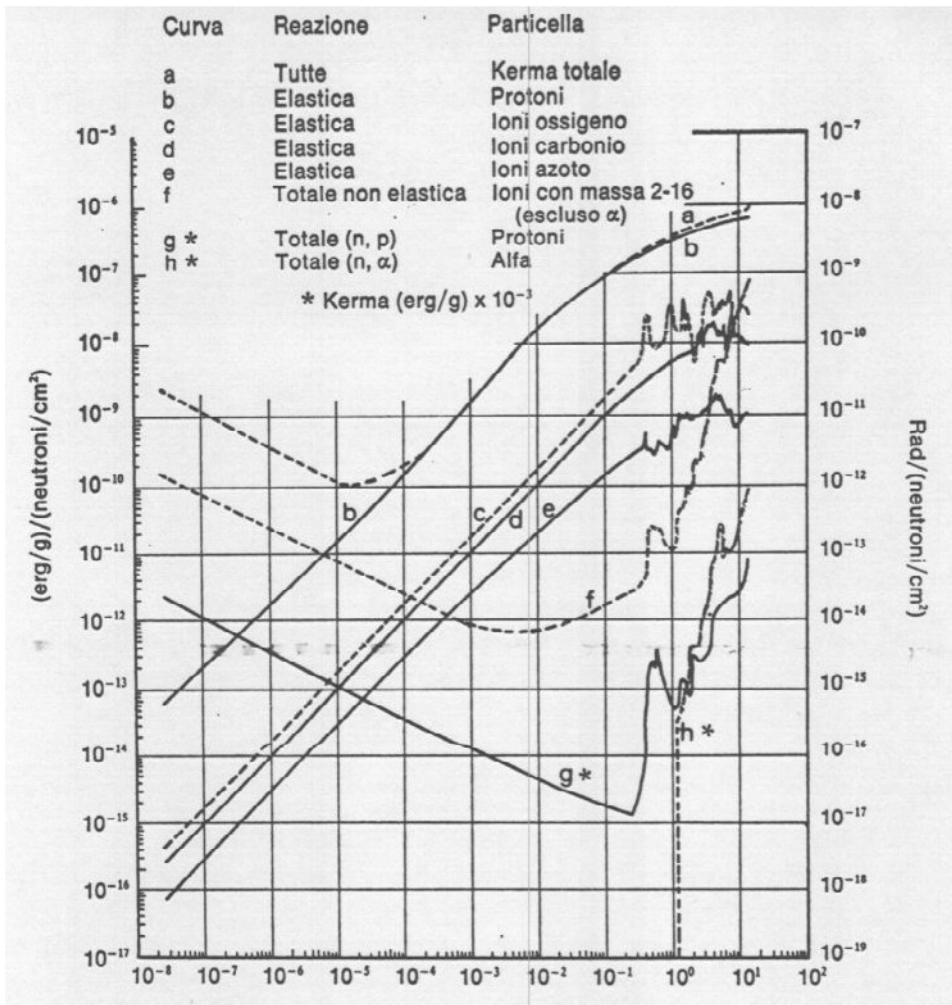
Ma di questa energia non si tiene conto nel calcolo del K.E.R.MA., poichè essa non è trasferita a particelle cariche, ma a fotoni.



La curva del Grafico 2 rappresenta invece il K.E.R.MA. per NEUTRONI /cmq / sec. in tessuto molle, in funzione dell'energia neutronica incidente.

Quest'ultima, naturalmente, tende a variare con la profondità raggiunta dal fascio neutronico, poichè quest'ultimo tende a perdere energia via via che interagisce con il tessuto umano.

Graf. 2: K.E.R.MA. neutronico RAD / NEUTRONI / cmq Calvazara F., Piccin Editore, 1976



Tali dosi K.E.R.MA., espresse in RAD, devono essere moltiplicate poi, a loro volta, per l'R.B.E. che, in base alla Tabella 2, può essere sostanzialmente riconducibile, per NEUTRONI termici, ad un valore pari da 2 a circa 5 volte quello espresso in RAD dal Grafico 2, a seconda dell'energia stessa dei NEUTRONI termici o epitermici, molto variabile.

In tal modo è possibile calcolare, sia pure in maniera approssimativa, la dose impartita a tessuto sano con flusso neutronico di $1,0 \text{ E}^{+12}$ NEUTRONI / cmq / sec, con energia rispettivamente da:

0,1 eV, 1 eV, 10 eV, 100 eV, 1 keV, 10 keV (vedi Tab. 3 e 4).

Tab. 2. Tabella di Qualità (F.Q.) o Equivalente Biologico Relativo (RBE) da NEN/BCNL, in Hazards of Low Energy Neutrons, DOE, QO 1957.

Energia neutronica in keV	Fattore di Qualità (F.Q.) o Equivalente Biologico Relativo (RBE)
0,001	<i>non noto</i>
0,01	<i>non noto</i>
0,05	3
0,1	2
5	2,5
20	5
100	8
500	10
1.000	10,5
2.500	8
5.000	7
7.500	7
10.000	6,5

	Energia neutronica		
	0,1 eV	1 eV	10 eV
Dose depositata da 1,0 E ⁺¹² neutroni (♦)	1 E ⁻¹¹ RAD / n / cmq	1 E ^{-11,5} RAD / n / cmq	1 E ⁻¹² RAD / n / cmq
Intensità neutronica	1 E ⁺¹² n / cmq / sec	1 E ⁺¹² n / cmq / sec	1 E ⁺¹² n / cmq / sec
Dose in RAD risultante	10 RAD / sec	3,16 RAD / sec	1 RAD / sec
R.B.E.	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	3

(♦): tale energia tende a decrescere in maniera esponenziale con la profondità dei tessuti attraversati (Graf. 2). Dose in REM (♣) risultante, da Tab.2	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	3
--	-----------------	-----------------	---

Tab. 4: Danno biologico apportato a tessuti sani dall'interazione di $1,0 \text{ E}^{+12}$ NEUTRONI / cmq / sec, rispettivamente da 1 eV, 10 eV, 100 eV, e 10 keV.

	Energia neutronica		
	100 eV	1 keV	10 keV
Dose depositata da $1,0 \text{ E}^{+12}$ NEUTRONI (♦)	$1 \text{ E}^{-11,7} \text{ RAD} / \text{n} / \text{cmq}$	$1 \text{ E}^{-10,8} \text{ RAD} / \text{n} / \text{cmq}$	$1 \text{ E}^{-9,8} \text{ RAD} / \text{n} / \text{cmq}$
Intensità neutronica	$1 \text{ E}^{+12} \text{ n} / \text{cmq} / \text{sec}$	$1 \text{ E}^{+12} \text{ n} / \text{cmq} / \text{sec}$	$1 \text{ E}^{+12} \text{ n} / \text{cmq} / \text{sec}$
Dose in RAD risultante, da Graf. 2	2 RAD / sec	15,8 RAD / sec	158 RAD / sec
R.B.E. (da Tab. 2)	2	2-2,5	2,5-5
Dose in REM (♣) risultante, da Tab. 2	4 REM / sec	31,6-39,5 REM / sec	316-395 REM / sec

Cap. 21: interazione di Tritioni con Gadolinio 157

Come precedentemente accennato, un motore a Fusione Fredda produrrà anche un elevato flusso di Tritioni, e questi ultimi hanno purtroppo la capacità di trasmutare lo stesso Gadolinio 157 in Gadolinio 159 (Lovhoiden G., A (t,p) study of Levels in ¹⁵⁶Gd, ¹⁵⁷Gd, ¹⁵⁸Gd and ¹⁵⁹Gd, "Nuclear Physics" A494, pp. 157-185, 1989): un radionuclide beta-emittente a breve decadimento fisico (circa 18,5 ore di emi-dimezzamento), risultando quindi estremamente pericoloso per la salute, se inalato nei polmoni o se venuto a contatto con la cute, e la cui C.D.U.K. risulterebbe, sempre in base ai nostri calcoli bio-dosimetrici, soltanto 8 volte superiore alla C.D.U.K. dei Plutonidi e degli Uranidi, e per questi ultimi da noi stimata pari a 1 solo nano-Curie.

Per C.D.U.K. (Chrono-Dose-Unit-Krebs), proposta dall'Autore in un altro suo precedente lavoro (**Chrono-Dose-Unit-Krebs (C.D.U.K.) da Induzione neoplastica maligna (Krebs) nella Popolazione civile da assorbimento per via gastro-enterica e/o inalatoria di TRENTA Radioisotopi in Aree contaminate da Fallout (Zona Nera, Grigia, Rossa, Arancione e Gialla)**), si intende una semplice unità di misura, per Radionuclidi ad emissione Alfa o Beta, totalmente svincolata dal tempo di esposizione, ed espressa in sottomultipli del Curie: milli-, micro-, nano-, pico-....

Motivazione:

L'effetto biologico sui tessuti umani dei Radioisotopi è generalmente calcolato con il vecchio sistema MIRD (vedi Cap. 22), estremamente complicato nella sua formulazione, ma ritenuto valido per il calcolo delle Emissioni gamma, il tipo di radiazione più frequentemente impiegato nella Diagnostica Medica, essendo quello a meno incidenza di danno biologico.

In particolare, il largo utilizzo del Tecnezio 99m e del Fluoro 18 hanno sostanzialmente permesso di raggiungere una buona precisione di calcolo delle dosi assorbite da Radioisotopi gamma-emittenti, permettendo un'agevole comparazione con le metodiche e le tecniche radiologiche trasmissive a raggi X come ad esempio la TAC.

Viceversa, il sistema MIRD, se applicato allo studio di radioisotopi *Alpha* o *Beta*-emittenti a scopo di terapia antitumorale, ha sostanzialmente dimostrato la sua estrema complessità di calcolo e di gestione, come già ampiamente dibattuto in Letteratura medica (Mongioj V.: *Principi di Dosimetria*, pp. 359-413, in "Progressi della Medicina Nucleare in Oncologia", Buraggi G.L., Minerva Medica Edizioni).

E' ben noto che le Neoplasie maligne (Cancri, Linfomi, Leucemie, Sarcomi, Melanomi) siano dovute a ben precise rotture del DNA (Aberrazioni cromosomiche), e che tali lesioni vengano pertanto utilizzate per la Diagnosi Differenziale di queste Neoplasie maligne rispetto a comuni Malattie infettive, oppure per essere utilizzate per la Classificazione interna delle Leucemie o dei Linfomi (Del Mistro A. in "Aspetti metodologici ed applicativi della citogenetica nelle lesioni linfoproliferative" in: Savagno L: *I Linfomi Non Hodgkin*, Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova, 1996, pp.141-148).

Le Aberrazioni cromosomiche possono essere provocate da varie fonti, fra cui le Radiazioni ionizzanti (Coggle J.E.: *Effetti biologici delle Radiazioni*, Edizioni Minerva Medica, Cap. 2 e Cap. 7).

In Letteratura scientifica è ampiamente noto che il Dosaggio di Radiazioni ionizzanti capaci di provocare un'Aberrazione cromosomica è molto bassa, circa 0,1 REM, vale a dire 1 milli-Sievert (Mohankumar M: *biological Monitors for low Levels of ionising Radiation*, Indira Gandhi Centre for Atomic Research Kalpakkam 603, 102, India, 1995).

Da parte nostra si era quindi sviluppato un nuovo sistema di calcolo, semplice e di facile uso, per misurare in maniera più precisa il Rischio biologico di contrarre un Tumore maligno (Carcinoma, Leucemia, Linfoma, Sarcoma, Melanoma) sulla base dell'Assorbimento per via gastro-enterica o inalatoria di Radionuclidi dovuti a Esplosione da Bomba atomica o da Incidente grave a Centrale nucleare.

Dei circa 200 Radioisotopi considerati, si era quindi deciso di soffermarsi soltanto su quelli ad emissione *Alpha* o *Beta*, o da *Emissione per Cattura Elettronica* (E.C.), con tempi di dimezzamento fisico medio-lungo, e con tropismo per l'Organismo umano (Lide DR: *Handbook of Chemistry and Physics*, 76th Edition, 1995-1996).

Sulla base di una lunga analisi di altri dati e documenti studiati dall'Autore per molti anni presso il *Centro di Fisica Teorica di Miramare* (Trieste), si era infine giunti ad un elenco di TRENTA Radionuclidi che si riteneva importanti per gli scopi del Lavoro sviluppato.

Poiché la permanenza nel Corpo umano dei vari Radionuclidi può variare da pochi giorni a molti anni, il primo problema fu quello di INTRODURRE una nuova *Unità di Misura della Dose Assorbita* dalle Cellule umane, la cui caratteristica fosse sostanzialmente quella di essere svincolata dal tempo di esposizione, allo scopo di meglio comparare fra loro la diversa Pericolosità dei diversi Radionuclidi considerati, e questo a prescindere dal tempo di permanenza di questi nell'Organismo stesso.

Questo fatto determinò il ritorno al vecchio concetto di Crono-Dose-Eritema, impiegato molti decenni fa in Radio-Terapia Esterna.

L'Unità di Misura della *Crono Dose Eritema*, impiegata dagli anni '30 agli anni '60 nella cura contro i Tumori maligni, aveva dimostrato di semplificare notevolmente i calcoli dei Medici Radioterapisti, poiché consentiva di capire, ad esempio, che 1.000 REM (10 Sievert) erogati in pochi minuti producevano il medesimo effetto sulle cellule umane di 2.500 REM (25 Sievert) erogati invece in 30 Sedute nell'arco di tempo complessivo di un mese (vedi Cap. 22: *Erytema-Chrono-Dose*).

Applicando questa stessa modalità di calcolo, nel nostro lavoro si cercò quindi di impiegare lo stesso concetto alla comparazione degli Effetti biologici sul Corpo umano di Radionuclidi presenti al suo interno, e permanenti in esso per tempi molto diversi, variabili da pochi mesi a molti anni.

A differenza però della *Erytema-Chrono-Dose* impiegata in Radio-Terapia, dove i livelli di Energia erogati sono altissimi, tali da provocare l'Eritema Cutaneo a seguito dell'assorbimento di 1.000 REM (10 Sievert) in seduta unica oppure di 2.500 REM (25 Sievert) in 30 sedute nell'arco di tempo complessivo di un mese, in questo studio (mirato invece alla conoscenza dei livelli minimi di Radioattività capaci di provocare l'insorgenza di un Tumore maligno), la Crono-Dose fu valutata per Dosaggi di Radiazione molto bassi, tali cioè da provocare, come dimostrato in Letteratura scientifica (Coggle J.E.: *Effetti biologici delle Radiazioni*, Edizioni Minerva Medica, cap.2 e cap.7), rotture del DNA (Aberrazioni cromosomiche), e tali quindi da indurre l'insorgenza di una Neoplasia maligna (Mohankumar M.: *Biological monitors for low levels of ionising radiation*, Indira Gandhi Centre for Atomic Research Kalpakkam 603, 102, India, 1995).

Poiché la Letteratura scientifica (vedi Mohankumar M.) riportava il fatto che bastava 1 solo milli-Sievert (0,1 REM), se assorbito in breve tempo, per provocare Aberrazioni cromosomiche in Cellule umane, si decise quindi, sulla base della correlazione dimostrata per l'Eritema Cutaneo da raggi, che questa stessa dose, pari a 1 milli-Sievert (0,1 REM), e che risultava essere capace di provocare rotture del DNA (Aberrazioni cromosomiche), doveva anche essere equivalente a 2,5 milli-Sievert (0,25 REM), se assorbiti nell'arco di tempo di trenta giorni, con dosaggio giornaliero necessariamente più basso di 0,1 milli-Sievert (0,01 REM)...

Di conseguenza, si poteva anche presumere che, per Dosaggi protratti per un arco di tempo di molti anni, il Dosaggio Totale equivalente poteva essere ancora più alto di 2,5 milli-Sievert (0,25 REM), ma con un Dosaggio Giornaliero più basso di 0,1 milli-Sievert (0,01 REM), ottenendo lo stesso Effetto biologico sulle Cellule, tale per cui:

1 milli-Sievert / 24 ore = 2,5 milli-Sievert / 30 giorni = xy milli-Sievert / 1 anno = 0,1 REM / 24 ore = 0,25 REM / 30 giorni = xy REM / 1 anno = **1 C.D.K. (Chrono-Dose-Krebs)**, intendendo per CDK la Dose di Radiazioni che in un certo lasso di tempo determinava il minimo Danno misurabile per provocare l'Insorgenza di una Neoplasia radio-indotta, e cioè una ben specifica Aberrazione cromosomica....

L'esempio più calzante fu quello che si ottenne dallo studio dei Plutonidi e degli Uranidi, di cui riportiamo qui la stima dosimetrica C.D.U.K., in Tabella 5:

Radionuclide alfa-emittente	Emi-vita fisica del radionuclide in anni	Peso della sorgente da 1 nano-Curie	Peso della sorgente (da 34 atto-Curie)	Quantità di radionuclide necessaria per raggiungere la stessa pericolosità del Plutonio 238, assunto come grandezza di riferimento
Uranio 238	4,5 x 10E9	33 grammi (^)	1,12 micro-grammi (^)	585.000.000
		3,3 milligrammi (*)	0,1122 nano-grammi (*)	585.000
Uranio 235	7 x 10E8	5 milligrammi (^^)	0,17 nano-grammi (^^)	88.500
Uranio 234	2,45 x 10E5	3,2 microgrammi (°)	0,108 nano-grammi (°)	56.000
Radio 226	1620	1 nano-grammo	0,033 pico-grammi	18
Plutonio 239	24.000	16 nano-grammi	0,54 pico-grammi	280
Plutonio 238	86	57 pico-grammi	1,92 femto-grammi	1

(^) Uranio naturale, presente in deboli tracce nelle rocce uranifere, dove la sua concentrazione è pari a circa 33 nano-Curie (1,23 E3 Becquerel) di Uranio 238 per 1 kg di roccia (Hendee W.R.: *Health Effects of exposure to low-level-Ionizing Radiation*, pp. 366 (Nuclear Power Generation).

(*) Uranio metallico, fabbricato dall'Uomo come UO₂ (Fuel: *Uranium dioxide, manufactured ceramic pellets*), dove la sua concentrazione è molto più alta, prossima al 100%, e pari quindi a circa 0,3 milli-Curie / kg di barra metallica.

(^^) Uranio metallico, fabbricato dall'Uomo come UO₂ (Fuel: *Uranium dioxide, manufactured ceramic pellets*), dove la sua concentrazione è molto più alta, simile a quella dell'Uranio 238.

(°) Tratto da "Dose factors, dose-to-source ratios, and uranium isotope mass and activity abundances assumed for estimatine exposures from DU-containing products."

Cap. 22: C.D.U.K. del Gadolinio 159

Calcolo delle dosi di accumulo e delle dosi di assorbimento da ^{159}Gd , con sistema M.I.R.D., C.D.E., e T.D.F.

Cap. 22.1.: calcolo dell'attività accumulata (\tilde{A})

Viene ottenuta attraverso la seguente formula: $\tilde{A} = 1,433 \times A_{\max} \times T_e$

Dove:

\tilde{A} = attività accumulata (integrale dell'attività nell'intervallo di tempo considerato).

A_{\max} = attività massima.

T_e = tempo di dimezzamento effettivo, in ore.

Tale formula è valida se si assume che l'attività massima (A_{\max}) sia raggiunta in un tempo trascurabile, e che l'eliminazione del radionuclide avvenga con curva monoesponenziale.

Il calcolo della *dose di accumulo* è complessa, poiché intimamente collegata alla Teoria dei Traccianti (vedi Giuseppe Nacci **Chrono-Dose-Unit-Krebs (C.D.U.K.) da Induzione neoplastica maligna (Krebs) nella Popolazione civile da assorbimento per via gastro-enterica e/o inalatoria di TRENTA Radioisotopi in Aree contaminate da Fallout Zona Nera, Grigia, Rossa, Arancione e Gialla**) a cui si rimanda il lettore. In essa si considera in modo approfondito il calcolo dell'attività accumulata sulla base di diversi modelli di farmaco-cinetica.

Cap. 22.2.: Calcolo della Dose Assorbita con sistema M.I.R.D.

Il sistema tradizionale per il calcolo della Dose Assorbita da un organo o tessuto a seguito della somministrazione di un radio-farmaco, viene descritta dal modello M.I.R.D. (*Medical Internal Radiation Dose Committee*) della *Society of Nuclear Medicine*. Secondo il M.I.R.D., si definisce *sorgente* l'organo che contiene la radioattività e *bersaglio* l'organo che viene da esso irradiato. Il sistema di calcolo consiste nella valutazione della dose ad un organo-bersaglio da parte di due componenti: sorgenti incorporate nel tessuto bersaglio e sorgenti presenti nei tessuti vicini.

La quantità di energia assorbita dal tessuto-bersaglio può essere calcolata sulla base delle curve dell'attività, valutate negli organi-sorgente in funzione del tempo, tenendo conto della eliminazione biologica del tracciante somministrato e del decadimento radioattivo.

I valori dell'attività con il passare del tempo sono quantificati da rilevazioni esterne ottenute mediante impiego di Gamma-Camera e da campionamento di pochi cc di sangue prelevati dal paziente in tempi diversi.

Tab. 22.1.: Dose Assorbita (D) di dati organo per Diffusione in RAD o cGray

Per determinare la Dose Assorbita dall'organo o tessuto-bersaglio bisogna convertire l'attività accumulata ($\tilde{A} = 1,433 \times A_{\max} \times T_e$) nelle diverse sedi d'organo o di tessuto considerate come sorgenti, in energia assorbita per unità di massa dell'organo o tessuto-bersaglio (RAD o Gy).

In sostanza, la Dose Assorbita può così essere espressa (tabella 22.1.), dove:

T_e : tempo di dimezzamento effettivo in ore (hr).

Massa dell'organo: vedi tabella 22.2.

Tale formulazione può essere espressa secondo i criteri M.I.R.D. anche nel seguente formalismo:

$$D_t = \sum_h \tilde{A}_h S(r_t \leftarrow r_h)$$

dove: $\tilde{A}_h = 1,433 \times A_{\max} \times T_e$

$$S(r_t \leftarrow r_h) = \sum_i \Delta_i \varphi_i(r_t \leftarrow r_h) / m_t \quad \text{oppure} = \sum_i \Delta_i \Phi_i(r_t \leftarrow r_h)$$

<p>Dose Assorbita = $\frac{\text{attività massima} \times 1,443 \times T_e \times \sum \Delta_i \varphi_i}{\text{massa dell'organo}}$</p> <p>Dose Assorbita = $\text{attività massima} \times 1,443 \times T_e \times \sum \Delta_i \Phi_i$</p> <p>Nota: $\Phi = \varphi / \text{massa dell'organo}$</p>

Organi	Adulto	15 aa	10 aa	5 aa	1 aa
Surreni	14	10,5	7,22	5,27	3,52
Contenuto vescicale	200	152	97,3	61,4	31,2
Parete vescicale	45	35,9	23,2	14,5	7,7
Mammella	361	361	2,6	1,51	0,73
Parete gastrica	150	118	85,1	49,1	21,8
Intestino tenue (S.I.)	1.040	795	441	261	131
Parete S.I.	640	515	286	169	85
Parete U.L.I.	210	176	93,4	55,2	27,8

Parete L.L.I.	160	127	70	41,4	20,6
Cavità cardiaca	454	350	220	130	73
Parete cardiaca	316	240	150	93	51
Reni	310	248	173	116	63
Fegato	1.800	1.410	887	584	292
Contenuto della cistifellea	56	49	39	20	4,8
Parete cistifellea	11	9,3	7,3	3,7	0,9
Polmoni	1.000	651	453	290	143
Muscoli	28.000	15.000	6.500	2.000	1.200
Ovaio	11	10,7	3,13	1,73	0,71
Pancreas	100	64,9	30	23,6	10,3
Midollo osseo	1.500	1.050	610	320	150
Osso corticale	4.000	4.000	2974,2	1.449	622,8
Osso trabecolare	1.000	1.000	743,5	966	415,2
Superficie ossea	120	91,8	55,6	32,5	13,7
Milza	180	123	77,4	48,3	25,5
Testicoli	35	15,6	1,89	1,63	1,2
Tiroide	20	12,4	7,93	3,45	1,78
Utero	80	79	4,16	2,7	1,45
<i>Total Body</i>	70.000	56.800	33.200	19.800	9.720
Volume ematico	5.200	4.200	2.200	1.500	800

I.C.R.P.: Internat. Commission on Radiological Protection. Pergamon Press

Nota: la densità degli organi è approssimativamente di 1,0 grammi /cm³, tranne lo scheletro e il midollo osseo, che sono considerati approssimativamente come pari a 1,5 grammi /cm³, e i polmoni, la cui densità è stimata pari a 0,3 grammi /cm³.

Cap. 22.2.a: Distanza sorgente-bersaglio ($r_s \leftarrow r_h$) e *costante di Snyder (S)*.

Bisogna anche considerare lo spettro di emissione del radionuclide e della geometria del sistema, poiché soltanto una *frazione* dell'energia proveniente dalla sorgente andrà a colpire il bersaglio, e la

sua entità dipenderà dalla forma e dalle dimensioni della sorgente, e dalla reciproca distanza sorgente-bersaglio: ($\mathbf{r}_t \leftarrow \mathbf{r}_h$) ⁽¹⁹⁾.

La Dose Assorbita (D) da un dato bersaglio \mathbf{t} (*target*), in presenza di una singola sorgente \mathbf{h} , viene così espressa ⁽¹⁷⁾:

$$\mathbf{D}_t = \tilde{\mathbf{A}}_h \times \mathbf{S}(\mathbf{r}_t \leftarrow \mathbf{r}_h) \quad \text{in cGy (centiGray), oppure RAD}$$

dove:

\mathbf{D}_t = Dose Assorbita (**D**) da un dato bersaglio \mathbf{t} (*target*)

\mathbf{r}_h = regione dell'organo-sorgente

\mathbf{r}_t = regione dell'organo-bersaglio

\mathbf{r} ("regione") = equivale ad un punto, una linea, una superficie o un volume

$\tilde{\mathbf{A}}_h$ = *attività accumulata* nell'organo-sorgente \mathbf{r}_h (in MBq -s)

\mathbf{S} (costante di Snyder) = rappresenta la *dose media* assorbita dal bersaglio per unità di *attività accumulata* nella sorgente, oppure, espresso in altro modo, la *dose totale* di radiazioni date a ciascun organo-bersaglio per ogni unità di *attività accumulata* ($\tilde{\mathbf{A}}$), presente in ciascun organo-sorgente.

Essa è simile al concetto di Dose Assorbita all'equilibrio (RAD / μ Ci /hr), definita come Δ , ma diversa da essa poiché applicata su sorgenti-bersaglio poste a reciproca distanza fra loro, separate l'una dall'altra ($\mathbf{r}_t \leftarrow \mathbf{r}_h$), non più considerate quindi come una entità singola, che era il concetto di Dose Assorbita all'equilibrio (RAD / μ Ci / hr) e indicata come Δ .

$$\text{Quindi: } \mathbf{S}(\mathbf{r}_t \leftarrow \mathbf{r}_h) = \sum_i \Delta_i \varphi_i(\mathbf{r}_t \leftarrow \mathbf{r}_h) / \mathbf{m}_t$$

$$\text{Oppure: } \mathbf{S}(\mathbf{r}_t \leftarrow \mathbf{r}_h) = \sum_i \Delta_i \Phi_i(\mathbf{r}_t \leftarrow \mathbf{r}_h)$$

dove:

$$\sum_i \Delta_i = \mathbf{k} \sum_i y_i \mathbf{E}_i$$

$$\mathbf{k} = 1,6 \times 10^{-8} \text{ (grammi - cGy / MeV)}$$

$$\sum_i y_i \mathbf{E}_i = \text{energia totale emessa per transizione}$$

dove:

$y_i \mathbf{E}_i$ = energia di tipo i emessa per transizione nucleare espressa in MeV.

φ_i = frazione di energia di tipo i assorbita dal bersaglio \mathbf{r}_t , emessa dall'organo sorgente \mathbf{r}_h (vedi cap. 22.4).

m_t = massa dell'organo bersaglio, espresso in grammi (vedi tabella 22.2).

Nota: $\varphi_i / m_t = \Phi$ (vedi cap. 22.2.c)

Quindi:

D = Dose Assorbita da un dato bersaglio t (*target*), in presenza di una singola sorgente, posta a distanza da esso.

$$D_t = \tilde{A}_h \times S(r_t \leftarrow r_h). \quad (19)$$

Cap. 22.2.b.: Frazione Assorbita Specifica (Φ_i)

Se una regione t ha assorbito energia proveniente da una regione-sorgente h , la *frazione assorbita* viene definita come il rapporto fra l'*energia assorbita* da una regione-bersaglio t , proveniente da una regione sorgente h , e l'*energia emessa* dalla regione-sorgente h .

Per l' i -esimo tipo di radiazione si indica con $\varphi_i (t \leftarrow h)$.

Il rapporto $\varphi_i / m_t (= \Phi_i)$ è chiamato *Frazione Assorbita Specifica*.

Essa rappresenta la Dose Assorbita (per *unità di massa*) per *unità di energia* emessa dalla sorgente.

Se vi è più di un organo-sorgente, la dose al bersaglio sarà espressa dalla sommatoria delle dosi dovute all'*attività accumulata* in ciascuna sorgente: $D_t = \sum \tilde{A}_h S(r_t \leftarrow r_h)$.

dove: $\tilde{A} = 1,433 \times A_{\max} \times T_e$

$$S(r_t \leftarrow r_h) = \sum_i \Delta_i \varphi_i(r_t \leftarrow r_h) / m_t$$

oppure: $S(r_t \leftarrow r_h) = \sum_i \Delta_i \Phi_i(r_t \leftarrow r_h)$

Ma ogni organo-sorgente è anche organo-bersaglio: perciò, per tenere conto della *dose* che un organo somministra a se stesso si impiega la stessa equazione, con $r_h = r_t$ (19).

Radiazioni penetranti e non penetranti

Secondo il M.I.R.D., le radiazioni elettromagnetiche emesse da una sorgente devono essere suddivise in penetranti e *non penetranti*.

Le radiazioni di energia inferiore a 11,3 keV sono considerate come *non penetranti*, e sono intese come quelle radiazioni che impartiscono fuori dal volume della sorgente solo una piccola frazione della loro energia, frazione che può essere trascurata nel calcolo della dose al volume bersaglio.

La dose che una sorgente somministra a se stessa sarà, in questo caso, uguale all'energia totale emessa.

Le radiazioni elettromagnetiche di energia superiore a 11,3 keV sono considerate come *penetranti*, e sono intese come quelle radiazioni che impartiscono fuori dal volume della sorgente una grande frazione della loro energia, e quindi la distribuzione spaziale dell'energia assorbita entra nel calcolo della *dose*.

La *frazione di energia* che una sorgente somministra a se stessa, o a un dato bersaglio, deve essere calcolata di volta in volta.

Dal momento che tutte le particelle e i fotoni non penetranti (questi ultimi di energia inferiore a 11,3 keV) hanno una *frazione di dose assorbita* pari ad 1, nelle tabelle M.I.R.D. tutti i valori per emissioni non penetranti sono spesso considerati dalla sommatoria indicata come: $\sum y \rho$

In essa le radiazioni non penetranti sono tutte sommate assieme.

Le *Frazioni Assorbite Specifiche* sono state calcolate per sorgenti puntiformi di fotoni e per sorgenti isotrope emittenti elettroni e particelle *beta*.

Esse sono state poi tabulate nei *Pamphlet* M.I.R.D. n.2 e n.7. ^(12, 13)

Cap. 22.2.c: calcolo della Frazione Assorbita Specifica (Φ_i).

Per il calcolo delle *frazioni assorbite*, dovute a radiazione fotonica, attualmente si preferisce seguire il metodo Monte Carlo.

Esso utilizza tecniche probabilistiche per campionare dei numeri casuali in modo da simulare i processi tramite cui un fotone viene diffuso o assorbito.

Un gran numero di eventi devono essere campionati per arrivare ad una *frazione assorbita media* attendibile.

Il calcolo può essere applicato a qualsiasi volume arbitrario, finito e con distribuzione non omogenea di *attività*.

Nel 1969 Snyder pubblicò le prime tavole di costanti *S* che rappresentavano i valori calcolati della *frazione assorbita* in un organo dovuta alla distribuzione omogenea di sorgenti di radiazioni *gamma* provenienti da altri organi.

In seguito, sono state pubblicate versioni aggiornate di tali tabelle nei *Pamphlet* del M.I.R.D., dove le costanti *S* furono poi riferite a fantocci simulanti il corpo umano di diversa età ⁽¹²⁾.

Tab.22.3.: valore della *Frazione di Energia Assorbita* (Φ) per energie fotoniche diverse provenienti da una sorgente uniforme nel fegato. La cifra che segue il simbolo E indica la potenza di 10.

Nel caso del ^{99m}Tc , i valori dell'*energia assorbita* possono così essere descritti, facendo, come esempio, il calcolo della Dose Assorbita dal fegato in base all'*attività* di ^{99m}Tc presente nel fegato stesso (tabella 22.3 e tabella 22.4).

I valori della 2^a, 3^a e 4^a colonna della tabella 22.4 sono invariabili per qualsiasi forma chimica del ^{99m}Tc , e perciò indipendenti dal tipo di distribuzione nell'organismo.

Viceversa, il valore di Φ_i dipenderà dall'organo interessato.

Ad esempio, in tabella 22.3, sono riportate le diverse frazioni di assorbimento per il fegato.

Nella tabella 22.4. sono riportati, in quinta colonna, i valori Φ_i riferiti al fegato, i cui valori di assorbimento, per le diverse energie, sono ricavabili dalla tabella 22.3.

In base ai dati della quinta colonna è poi possibile calcolare i valori dell'*energia assorbita effettiva* ($\sum \Delta_i \Phi_i$) per il fegato, riportati in sesta colonna della tabella 22.4.

Quindi: Dose Assorbita (**D**) dal fegato da *attività* presente nel fegato:

$$\tilde{A} \times \sum \Delta_i \varphi_i = \text{RAD} \qquad \text{oppure:} \qquad \tilde{A} \times \sum \Delta_i \Phi_i = \text{RAD}$$

massa del fegato

dove:

$$\tilde{A} = 1,433 \times A_{\text{max}} \times T_e$$

$$\Phi_i = \varphi / m$$

m = massa del fegato = 1.833 (vedi tabella 22.2)

$$\sum \Delta_i \Phi_i = 0,0821$$

Organo bersaglio	MeV	MeV	MeV	MeV	MeV	MeV
	0,020	0,030	0,050	0,10	0,20	0,5

Surreni	0,18E-3	0,44E-3	0,39E-3	0,27E-3	0,23E-3	0,19E-3
Intest.tenue	0,11E-2	0,49E-2	0,10E-1	0,10E-1	0,1E-1	0,97E-2
U.L.I.	0,92E-3	0,31E-2	0,44E-2	0,40E-2	0,38E-2	0,36E-2
Cuore	0,13E-2	0,53E-2	0,76E-2	0,67E-2	0,50E-2	0,57E-2
Reni	0,10E-2	0,43E-2	0,56E-2	0,43E-2	0,39E-2	0,38E-2
Fegato	0,78	0,54	0,27	0,16	0,15	0,15
Polmoni	0,85E-2	0,16E-1	0,14E-1	0,10E-1	0,92E-2	0,83E-2
Mid. osseo	0,81E-2	0,22E-1	0,32E-1	0,20E-1	0,13E-1	0,10E-1
Pancreas	0,18E-3	0,10E-2	0,13E-2	0,10E-2	0,10E-2	0,82E-3
Coste	0,18E-1	0,40E-1	0,36E-1	0,18E-1	0,11E-1	0,86E-2
Bacino		0,52E-3	0,26E-2	0,30E-2	0,21E-2	0,18E-2
Rachide	0,39E-3	0,56E-2	0,21E-1	0,16E-1	0,10E-1	0,85E-2
Cranio				0,62E-4	0,14E-3	0,18E-3
Schel. int.	0,20E-1	0,58E-1	0,80E-1	0,49E-1	0,32E-1	0,26E-1
Cute intera	0,13E-2	0,46E-2	0,55E-2	0,49E-2	0,50E-2	0,56E-2
Milza		0,61E-4	0,53E-3	0,60E-3	0,64E-3	6,61E-3
Utero			0,56E-4	0,11E-3	0,13E-3	0,13E-3
Tronco	0,98	0,90	0,66	0,45	0,41	0,40
Gambe			0,15E-3	0,48E-3	0,71E-3	0,14E-2
Testa		0,11E-4	0,38E-3	0,49E-3	0,86E-3	1,06E-3
Corpo intero	0,98	0,905	0,661	0,454	0,41	0,407

I.C.R.P., *Internat. Commission on Radiological Protection*, Pergamon Press

Tab. 2254: valori di Energia Assorbita Effettiva per ^{99m}Tc al livello del fegato, supponendo il radionuclide concentrato nello stesso organo.

1	2	3	4	5	6
Radiazioni	y_i	E_i	Δ_i	Φ_i	$\Delta_i \Phi_i$
$\Sigma y \rho$	-	-	0,0371	1	0,371
Gamma -1	0,00	0,0021	0,0000	-	-
Gamma -2	0,883	0,1405	0,2643	0,162	0,0427
Gamma -3	0,0003	0,1427	0,0001	0,162	-
K 1 x rays	0,0431	0,0184	0,0017	0,830	0,0014
K 2 x rays	0,0216	0,0183	0,0008	0,830	0,0006
K 3 x rays	0,0103	0,0206	0,0005	0,784	0,0003
K 4 x rays	0,0018	0,0210	0,0001	0,784	-
$\Sigma \Delta_i \Phi_i = 0,0821$					

I.C.R.P., *Internat. Commission on Radiological Protection*, Pergamon Press

1	2	3	4	5	6
Radiazioni	y_i	E_i	Δ_i	Φ_i	$\Delta_i \Phi_i$
$\Sigma y \rho$	nessun contributo di dose				
Gamma -1	0,00	0,0021	0,0000	0,00	-
Gamma -2	0,883	0,1405	0,2643	0,0708	0,0019
Gamma -3	0,0003	0,1427	0,0001	0,0708	-
K 1 x rays	0,0431	0,0184	0,0017	0,00	-
$\Sigma \Delta_i \Phi_i = 0,0019$					

I.C.R.P., *Internat. Commission on Radiological Protection*, Pergamon Press

Nota: nella tabella 22.5 sono invece riportati, per confronto, i valori Φ_i riferiti alla milza per tutte le energie di emissione penetranti del ^{99m}Tc , (quinta colonna) supponendolo concentrato nella milza, con la corrispettiva energia assorbita effettiva ($\sum \Delta_i \Phi_i$) dal fegato (sesta colonna).

Contributo di dose al fegato da *attività* presente nella milza:

$$\tilde{A} \times \sum \Delta_i \varphi_i = \text{RAD} \quad \text{oppure:} \quad \tilde{A} \times \sum \Delta_i \Phi_i = \text{RAD}$$

massa della milza

dove:

$$\tilde{A} = 1,433 \times A_{\text{max}} \times T_e$$

$$\Phi_i = \varphi / m$$

m = massa della milza = 176 grammi (vedi tabella 22.2)

$$\sum \Delta_i \Phi_i = 0,0019$$

Dose totale al fegato

Per determinare la dose totale al fegato si sommeranno, oltre al fegato stesso (considerato come organo sorgente-bersaglio di se stesso), anche le dosi provenienti di tutti gli altri organi considerati come sorgenti di raggi X o *gamma*, come ad esempio la milza vista precedentemente (tabella 22.5).

Tab.22.6.: Dose Assorbita Effettiva per il ^{99m}Tc in $\sum \Delta_i \Phi_i$ in RAD / μ Ci/hr

Cap.22.2.d.: calcolo della Dose Assorbita Effettiva mediante impiego delle tabelle M.I.R.D. con la *costante di Snyder (S)*

La costante di Snyder (S) rappresenta la *dose media* assorbita dal bersaglio per unità di *attività accumulata* nella sorgente, cioè la *dose totale* di radiazioni date a ciascun organo-bersaglio per ogni unità di *attività accumulata* (\tilde{A}), presente in ciascun organo-sorgente. Per ogni unità di *attività accumulata* in ciascun organo o tessuto-sorgente, è possibile ottenere i valori di Dose Assorbita Effettiva, ottenuta per mezzo della costante di Snyder (tab. 22.6, 22.7 e 22.8).

	Sorgente				
	Corpo intero	Rene	Vescica	Ovaie	Testicoli
Organo-bersaglio					
Corpo intero	1,31 E ⁻¹	1,52 E ⁻¹	1,66 E ⁻¹	1,78 E ⁻¹	1,74 E ⁻¹
Rene	4,75 E ⁻⁴	5,58 E ⁻²	8,7 E ⁻⁴	2,55 E ⁻⁴	1,7 E ⁻⁵
Vescica	9,09 E ⁻⁴	1,37 E ⁻⁴	6,9 E ⁻²	3,46 E ⁻³	3,01 E ⁻³
Ovaie	1,77 E ⁻⁵	7,7 E ⁻⁶	5,98 E ⁻⁵	4,19 E ⁻²	
Testicoli	7,45 E ⁻⁵	2,2 E ⁻⁶	2,25 E ⁻⁴		4,84 E ⁻²

I.C.R.P.: Internat. Commission on Radiological Protection. Pergamon Press

Tab.22.8.: Dose Assorbita Effettiva per il ^{187}Au $\Sigma \Delta \Phi \Phi$ RADU $\mu\text{Ci/hr}$

	Sorgente			
	Corpo intero	Scheletro	Ovaie	Testicoli
Organo Bersaglio				
Corpo intero	1,234	1,213	1,523	1,504
Coste	$9,07 \text{ E}^{-3}$	$1,33 \text{ E}^{-2}$	$1,29 \text{ E}^{-3}$	$2,11 \text{ E}^{-4}$
Bacino	$1,19 \text{ E}^{-2}$	$1,98 \text{ E}^{-2}$	$4,84 \text{ E}^{-2}$	$1,21 \text{ E}^{-2}$
Rachide	$1,62 \text{ E}^{-2}$	$3,7 \text{ E}^{-2}$	$7,3 \text{ E}^{-3}$	$5,5 \text{ E}^{-4}$
Cranio	$6,41 \text{ E}^{-3}$	$1,66 \text{ E}^{-2}$		
Scheletro	$1,02 \text{ E}^{-1}$	$7,65 \text{ E}^{-1}$	$6,97 \text{ E}^{-2}$	$8,38 \text{ E}^{-2}$

I.C.R.P., *Internat. Commission on Radiological Protection*, Pergamon Press.

	Organo-Sorgente						
	Polm.	S.I.	U.L.I.	L.L.I.	Reni	Fegato	Osso trabec.
Organo-Bersaglio							
Midollo rosso	$3,3 \text{ E}^{-7}$	$6,8 \text{ E}^{-7}$	$5,9 \text{ E}^{-7}$	$9,5 \text{ E}^{-7}$	$6,4 \text{ E}^{-7}$	$2,5 \text{ E}^{-7}$	$1,0 \text{ E}^{-4}$
Polmoni	$3,1 \text{ E}^{-4}$	$4,5 \text{ E}^{-8}$	$4,8 \text{ E}^{-8}$	$1,4 \text{ E}^{-8}$	$1,5 \text{ E}^{-7}$	$4,9 \text{ E}^{-7}$	$1,8 \text{ E}^{-7}$
S.I. Parete	$3,7 \text{ E}^{-8}$	$3,9 \text{ E}^{-4}$	$3,4 \text{ E}^{-6}$	$1,8 \text{ E}^{-6}$	$5,0 \text{ E}^{-7}$	$2,8 \text{ E}^{-7}$	$1,4 \text{ E}^{-7}$
U.L.I. Parete	$4,8 \text{ E}^{-8}$	$4,9 \text{ E}^{-6}$	$7,0 \text{ E}^{-4}$	$8,2 \text{ E}^{-7}$	$5,1 \text{ E}^{-7}$	$4,6 \text{ E}^{-7}$	$1,2 \text{ E}^{-7}$
L.L.I. Parete	$1,4 \text{ E}^{-8}$	$1,4 \text{ E}^{-6}$	$5,7 \text{ E}^{-7}$	$1,1 \text{ E}^{-3}$	$1,4 \text{ E}^{-7}$	$4,2 \text{ E}^{-8}$	$1,8 \text{ E}^{-7}$
Reni	$1,6 \text{ E}^{-7}$	$5,5 \text{ E}^{-7}$	$4,9 \text{ E}^{-7}$	$1,5 \text{ E}^{-7}$	$9,9 \text{ E}^{-4}$	$7,1 \text{ E}^{-7}$	$1,6 \text{ E}^{-7}$
Fegato	$4,7 \text{ E}^{-7}$	$3,2 \text{ E}^{-7}$	$4,6 \text{ E}^{-7}$	$4,8 \text{ E}^{-8}$	$7,3 \text{ E}^{-7}$	$1,7 \text{ E}^{-4}$	$1,2 \text{ E}^{-7}$

I.C.R.P., *Internat. Commission on Radiological Protection*, Pergamon Press

Tab.22.9.: tabulazioni di Bardies, per 4 radionuclidi ad emissione *beta*, elettronica e fotonica: ^{186}Re , ^{131}I , ^{90}Y e ^{159}Gd .
 Cap.22.2.e.:

calcolo micro-dosimetrico della dose assorbita da radiazioni corpuscolari

Per quanto inerente alle radiazioni corpuscolari, sono state tabulate le distribuzioni di dose assorbita in acqua sia per sorgenti di elettroni mono-energetiche che per sorgenti *beta*, queste ultime considerate in tutto il loro spettro di emissione.

Nel lavoro di Bardies, sono state calcolate le dosi rilasciate sulla base delle *frazione di assorbimento specifico S*, tabulate per 22 radionuclidi diversi, fra cui il ^{159}Gd , ed espressa in cGy/Bq-s. ⁽¹¹⁾.

Nell'esempio riportato (tabella 22.9) sono riportate le tabulazioni per 4 radionuclidi ad emissione *beta*, elettronica e fotonica: ^{186}Re , ^{131}I , ^{90}Y e ^{159}Gd .

Distanza in μmetri da nucleo cellulare di 5 μmetri di diametro	Dosi medie per unità di attività cumulata <i>S</i> , espresse in cGy / Bq-s:			
	^{186}Re	^{131}I	^{90}Y	^{159}Gd
10	4,86E-5	6,99E-5	2,80E-5	5,35E-5
15	2,07E-5	2,88E-5	1,19E-5	2,28E-5
20	1,18E-5	1,58E-5	6,65E-6	1,27E-5
25	7,72E-6	9,66E-6	4,23E-6	8,01E-6
30	5,45E-6	6,29E-6	2,93E-6	5,30E-6
35	4,05E-6	4,42E-6	2,15E-6	3,65E-6
40	3,06E-6	3,22E-6	1,64E-6	2,58E-6
45	2,36E-6	2,47E-6	1,30E-6	1,96E-6
50	1,83E-6	1,97E-6	1,05E-6	1,56E-6
55	1,44E-6	1,60E-6	8,67E-7	1,28E-6
60	1,18E-6	1,33E-6	7,29E-7	1,07E-6
65	9,88E-7	1,12E-6	6,21E-7	9,08E-7
70	8,44E-7	9,45E-7	5,35E-7	7,78E-7
75	7,32E-7	8,09E-7	4,66E-7	6,73E-7
80	6,44E-7	7,01E-7	4,10E-7	5,88E-7

90	5,74E-7	6,12E-7	3,63E-7	5,18E-7
95	5,15E-7	5,38E-7	3,24E-7	4,59E-7
100	4,66E-7	4,77E-7	2,91E-7	4,10E-7
110	4,23E-7	4,26E-7	2,63E-7	3,68E-7
120	3,54E-7	3,45E-7	2,17E-7	3,02E-7
130	2,99E-7	2,84E-7	1,83E-7	2,51E-7
140	2,55E-7	2,39E-7	1,56E-7	2,13E-7
150	2,17E-7	2,02E-7	1,35E-7	1,82E-7
160	1,85E-7	1,73E-7	1,17E-7	1,58E-7
170	1,57E-7	1,50E-7	1,03E-7	1,38E-7
180	1,33E-7	1,30E-7	9,16E-8	1,21E-7
190	1,13E-7	1,13E-7	8,18E-8	1,07E-7
200	9,72E-8	9,95E-8	7,34E-8	9,55E-8
220	8,41E-8	8,77E-8	6,63E-8	8,54E-8
240	6,55E-8	6,94E-8	5,48E-8	6,94E-8
260	5,33E-8	5,59E-8	4,61E-8	5,74E-8
280	4,47E-8	4,58E-8	3,93E-8	4,81E-8
300	3,81E-8	3,81E-8	3,40E-8	4,09E-8
350	3,28E-8	3,20E-8	2,96E-8	3,51E-8
400	2,35E-8	2,15E-8	2,18E-8	2,48E-8
450	1,75E-8	1,51E-8	1,67E-8	1,83E-8
500	1,35E-8	1,09E-8	1,33E-8	1,40E-8
550	1,06E-8	8,11E-9	1,08E-8	1,09E-8
600	8,50E-9	6,08E-9	8,89E-9	8,65E-9
650	6,91E-9	4,61E-9	7,46E-9	6,96E-9
700	5,70E-9	3,52E-9	6,35E-9	5,67E-9
750	4,74E-9	2,70E-9	5,47E-9	4,67E-9
800	3,99E-9	2,07E-9	4,76E-9	3,89E-9
850	3,39E-9	1,58E-9	4,17E-9	3,26E-9
900	2,89E-9	1,20E-9	3,69E-9	2,75E-9

1.000	2,48E-9	9,17E-10	3,28E-9	2,33E-9
1.500	1,85E-9	5,34E-10	2,65E-9	1,70E-9
2.000	5,08E-10	2,86E-11	1,13E-9	4,06E-10
3.000	1,51E-10	4,45E-13	5,98E-10	1,01E-10
4.000	9,61E-12	1,38E-16	2,23E-10	3,11E-12
5.000	1,62E-13		9,62E-11	6,00E-15
6.000	7,16E-17		4,23E-11	

Tratto da: Bardies M., *Absorbed doses for internal radiotherapy from 22 beta-emitting radionuclides: beta dosimetry of small spheres*, "Phys. Med. Biol.", 39, pp 961-981, 1994.

Esempio di calcolo

Quesito: calcolare la dose rilasciata da $2,7E^{+9}$ Bq di ^{131}I (75 mCi), alla distanza di 1 mm da un nucleo cellulare, nel periodo di tempo di 2 giorni.

Soluzione: $D_{tot} = A \times 1,443 \times T_{eff.} \times S$

Dove:

A = attività accumulatasi nel tumore nel tempo biologico preso come riferimento.

In questo caso, in base al testo del problema proposto, $A = 2,7E^{+9}$ Bq (da tabella 22.9)

$$T_{eff.} \text{ (Tempo effettivo)} = \frac{0,6931}{\text{Tempo di dimezz. fisico}} + \frac{0,6931}{\text{Tempo di dimezz. biologico}}$$

In questo caso, $T_{eff.} = 38,6$ hr

S = Frazione di assorbimento specifico, ricavato dalla tabella 22.9., ed espresso in centiGray/Bq.

In questo caso, $S = 5,34 E^{-10}$ centiGray/Bq (da tabella 22.9).

D_{tot} : dose totale, intesa per il tempo di permanenza della radioattività.

$$D_{tot} = A \times 1,443 \times T_{eff} \times S.$$

Se moltiplicato per $1,33 E^{+8}$ (tab.6.8), risulta esprimibile anche in in RAD / μ Ci - hr

In questo caso, $D_{tot} = 110$ centiGray totali.

Tab. 22.10.: valori espressi in RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$ per ^{90}Y e ^{159}Gd , ricavabili dalla tabella 22.9.
 E' possibile, a questo punto, fare un confronto fra Ittrio 90 e Gadolinio 159

Distanze tra biotina marcata e nucleo cellulare (<i>Target</i>)	Valore S da ^{90}Y (in RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$)	Valore S da ^{159}Gd (in RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$)
Dose interna (10-25 μmetri dal nucleo cellulare)	0,5-3,7 Kilo RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$	1 - 7 Kilo RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$
Dose dalla superficie (30-60 μmetri dal nucleo cellulare)	90-560 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$	140-1.000 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$
Dose proveniente da distanza A (70-200 μmetri dal nucleo cellulare)	8-70 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$	11-100 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$
Dose proveniente da distanza B (200-300 μmetri)	4-8 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$	4,6-11 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$
Dose proveniente da distanza C (300-500 μmetri)	1,5-4 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$	1,5-4,5 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$
Dose proveniente da distanza D (500-1.000 μmetri)	0,35-1,5 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$	0,22-1,5 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$
Dose proveniente da distanza E (1.000-2.000 μmetri)	0,08-0,35 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$	0,13-0,22 RAD $\mu\text{Ci} - \text{hr}$

Tab.22.11.: raffronto Y-90 e Gd -159, in base alla costante $K (e^{-\lambda T_{\text{Fisico}}} = K)$		
Dose proveniente da distanza F	30-80 milliRAD	0,4-13 milliRAD
(2.000-3.000 μ metri)	μ Ci - hr	μ Ci - hr

Considerando i pochi giorni di permanenza di entrambi i radionuclidi, è utile anche confrontare la diversa costante K dei radionuclidi (vedi tabella 22.11).

K	⁹⁰Y	¹⁵⁹Gd
0,6	48 ore	12 ore
0,4	84 ore (3,5 giorni)	24 ore
0,26	128 ore (5 giorni)	36 ore
0,16	7 giorni	48 ore

Secondo l'autore del presente lavoro, il Gadolinio 159 è più letale rispetto al ⁹⁰Y, poiché nelle prime 12 ore ne è già decaduto il 40%, a differenza del ⁹⁰Y, che deve attendere circa 48 ore per decadere del 40% (a 12 ore il ⁹⁰Y è decaduto solo del 13 %).

Dalla 12[^] ora alla 24[^] ora decade un altro 20% di Gadolinio, portando così la quantità totale decaduta al 60%.

Il ⁹⁰Y, invece, dalla 12[^] ora alla 24[^] ora, decade soltanto di un altro 11% della quota iniziale, portando così la quantità totale decaduta al 24%.

Il divario fra i 2 radionuclidi aumenta dalla 24[^] ora alla 36[^] ora, con una ulteriore quota decaduta del ¹⁵⁹Gd, pari al 14%, con quantità totale decaduta del 74% circa.

Il ⁹⁰Y, invece, dalla 24[^] ora alla 36[^] ora decade soltanto di un altro 10%, portando così la quantità totale decaduta al 32%

Dalla 36[^] ora alla 48[^] ora, il ¹⁵⁹Gd decade di un ulteriore 10%, per un totale di circa 84% della quota iniziale. Viceversa, alla 48[^] ora solo il 40% circa della quota totale di ⁹⁰Y risulta essere decaduta (vedi tabella 22.12).

Entro 72 ore risulta decaduto il 90% della quota iniziale di Gadolinio, a fronte del 48% circa della quota iniziale di Ittrio.

Dopo 72 ore è decaduto il 93% del Gadolinio e il 54% dell'Ittrio.

Tab.22.12.: raffronto Y-90 e Gd -159 in base alla percentuale di quota decaduta nel tempo

Dopo 120 ore il Gadolinio radioattivo è praticamente decaduto del tutto, mentre resta ancora circa il 25% dell'Ittrio iniziale.

	% di quota decaduta di ⁹⁰ Y		% di quota decaduta di ¹⁵⁹ Gd	
		TOTALE		TOTALE
da 0 a 12 ore	13%	13%	40%	40 %
da 12 a 24 ore	11%	24%	20%	60 %
da 24 a 36 ore	10%	32%	14%	74%
da 36 a 48 ore	9%	41 %	10%	84%
da 48 a 72 ore	7%	48%	6%	90 %
Dopo 72 ore	6 %	54%	3%	93%
Dopo 120 ore	20 %	74%	2%	99%

Tali valori di dose, ottenibili sulla base della formula indicata precedentemente, o desumibili in base alla tabella 22.10, non sono però sufficienti per comprendere il preciso effetto biologico della radiazione somministrata.

Si è reso pertanto necessario, da parte dell'Autore del presente lavoro, l'impiego della Crono-Bio-Dose (VEDI Cap. 1 ***Chrono-Dose Erytema***, in ***Chrono-Dose-Unit-Krebs C.D.U.K. da Induzione neoplastica maligna (Krebs) nella Popolazione civile da assorbimento per via gastro-enterica e/o inalatoria di TRENTA Radioisotopi in Aree contaminate da Fallout Zona Nera, Grigia, Rossa, Arancione e Gialla***), ma qui applicata al solo ¹⁵⁹Gd.

Cap. 22.3.: la Crono-Bio-Dose applicata al ¹⁵⁹Gd

La C.D.E. impiegata in Radio-Terapia Esterna si basa sull'impiego di radiazioni X o *gamma*.

La C.D.E. del Gadolinio 159 si basa invece su radiazioni *beta*.

Volendo applicare la C.D.E. anche nel caso di radionuclidi *beta*-emittenti, come per le radiazioni X da 200-250 keV considerate da Bistolfi per la Radio-Terapia Esterna, bisognerà tenere conto delle seguenti 5 sostanziali differenze:

- 1). Dose *frazionata* nel tempo e dose *continua* nel tempo.
- 2). Diverso *Fattore di Qualità* (L.E.T.)
- 3). Intensità di dose *costante* nel tempo per i raggi X da Radio-Terapia Esterna e intensità di dose a *decremento esponenziale* nel tempo per radionuclidi a rapido decadimento fisico.
- 4). Diversa *distribuzione di dose* nel volume bersaglio delle radiazioni considerate, e quindi diverso volume irradiato.
- 5). Elevatissima *intensità di dose* nella Radio-Terapia Esterna (centinaia di RAD erogati in pochi minuti), rispetto alla bassa intensità di dose somministrata nella Radio-Immuno-Terapia con Gadolinio 159 (centinaia di RAD erogati nell'arco di tempo di molte ore). *Nota: quest'ultima differenza non è stata presa in considerazione in questo lavoro.*

Cap. 22.3.a: dose frazionata nel tempo e dose continua nel tempo

La C.D.E. normalmente impiegata per i protocolli di Radio-Terapia Esterna, si basa sulla dose **frazionata** nel tempo e non sulla dose **continua**, come nel caso del nostro impiego con ^{159}Gd .

L'emissione del ^{159}Gd è continua nel tempo, senza interruzione, a meno che non si intenda togliere la sorgente di ^{159}Gd dal tessuto tumorale secondo certi intervalli di tempo prestabiliti e sempre ammesso che ciò si possa rendere tecnicamente fattibile come per la *Curie-terapia after-loading*.

Solo in quest'ultimo caso si può considerare la C.D.E. simile in entrambi i sistemi (ma sempre con esclusione dei punti 2, 3, 4 e 5 sopra menzionati al cap. 22.3).

Ellis e Sorensen, formularono l'ipotesi che 6.000 RAD dati in *30 frazioni giornaliere* producessero un effetto analogo a quello di 6.000 RAD di raggi *gamma* emessi da una sorgente di Radio 226 **in 7 giorni** continui (schermata ai raggi *alfa*, e quindi ad emissione *gamma* pura) ⁽²⁰⁾.

Essendo il Fattore di Qualità del ^{226}Ra pari a 0,97 (fotoni *gamma* da 4,78 MeV, con raggi *delta* secondari da circa 600 keV), si può ritenere che 6.000 RAD da ^{226}Ra debbano equivalere a circa 5.820 REM.

Secondo l'autore del presente lavoro, si potrebbe pertanto ritenere che, tradotto in termini di C.D.E. (tabella 22.13), **2.630** Roentgen di radiazioni X da 200-250 keV (2.500 REM) **erogati in 30 sedute**, corrispondenti ad **1** C.D.E., potrebbero anch'essi equivalere a **2.630** Roentgen di radiazioni X da 200-250 keV (2.500 REM) **erogati in modo continuo per 7 giorni**, e si potrebbe pertanto affermare che la quantità di dose rilasciata completamente in *modo continuo per 7 giorni* dal ^{159}Gd , supponendola *costante nel tempo e non a decremento esponenziale*, potrebbe anch'essa risultare uguale ad una stessa dose di radiazioni da ^{159}Gd erogata in *dosi frazionate per 30 giorni*.

Tab. 22.13. raffronto fra dose *frazionata* e dose *continua e costante*

Cioè: 2.630 Roentgen (2.500 REM) rilasciati da una certa quantità di ^{159}Gd , in *maniera continua e costante per 7 giorni (168 ore)* dovrebbero risultare pari, come Dose-Eritema provocata sui tessuti, a 2.630 Roentgen (2.500 REM) rilasciati in 30 frazioni giornaliere, al ritmo di 87,6 Roentgen / seduta giornaliera (vedi tabella 22.13).

C.D.E. =1	Raggi X da 250 keV in dose frazionata	Raggi X da 250 keV in dose cont. e cost.
1 seduta unica (tempo non noto)	1.000 R	1.000 R
1 giorno effett. di esposizione e assorbimento	1.265	1.706
2 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	1.470	1.982
3 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	1.600	2.158
4 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	1.700	2.292
5 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	1.790	2.414
6 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	1.860	2.508
7 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	1.950	2.630
8 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	1.980	2.670
9 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.030	2.738
10 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.080	2.805
11 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.120	2.860
12 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.160	2.914
13 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.200	2.968
14 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.235	3.014
15 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.270	3.060
16 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.300	3.102
17 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.330	3.142
18 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.355	3.176
19 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.380	3.210
20 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.410	3.250
21 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.435	3.284
22 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.460	3.318

23 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.485	3.352
24 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.510	3.385
25 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.530	3.412
26 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.550	3.440
27 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.570	3.466
28 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.590	3.494
29 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.610	3.520
30 giorni effettivi di esposizione e assorbimento	2.630	3.548

Colonna 2 tratta da: Bistolfi F., "La Cronobiodose in Radioterapia", Ed. Piccin, Padova, 1967, pp. 44-45.

Cap.22.3.b.: il diverso Fattore di Qualità (D.I. e L.E.T).

In altre parole, 2.630 Roentgen (2.500 REM) rilasciati in 30 frazioni giornaliere al ritmo di 87,6 Roentgen (83 REM) per seduta giornaliera ad emissione di intensità costante, risulterebbero pari a 2.360 Roentgen (2.500 REM) rilasciati per 168 ore (7 giorni), sempre con emissione di intensità costante, ma con dose *continuata nel tempo*, cioè non frazionata.

Tutto ciò presupponendo radiazioni elettromagnetiche comprese fra 200 e 250 Kev, cioè caratterizzate da un Fattore di Qualità (F.Q.) o da una Efficacia Biologica Relativa (E.B.R.) pari ad 1, tali per cui **1 Gray = 1 Sievert**, oppure **1 RAD = 1 REM**.

Il Fattore di Qualità (vedi tabelle 22.14, 22.15, 22.16), analogamente alla E.B.R., dipende dal numero di ionizzazioni prodotte, valore indicato come Densità lineare di Ionizzazione (D.I.), oppure come Trasferimento Lineare di Energia (L.E.T.).

F.Q.	D.I. (coppie di ioni)	L.E.T. (keV / μ metro)
1	< 100 coppie	<3,5
1-2	100-200 coppie	3,5-7
2-5	200-676 coppie	7-23
5-10	676-1.558 coppie	23-53
10-20	1.558-5.148 coppie	53-175

Tratto da: I.C.R.P., "Internat. Commission on Radiological Protection", Pergamon Press

Tab.22.16.: D.I. e L.E.T. da radiazioni elettromagnetiche X o gamma

D.I. e L.E.T. sono in rapporto fra loro secondo la formula: L.E.T. / D.I. = 0,034

D.I. e L.E.T. sono proporzionali al quadrato della carica delle particelle materiali.

Onde elettromagnetiche X o gamma		
Energia	D.I. (coppie di ioni)	L.E.T. (keV / μ metro)
1,7 MeV (fotoni <i>gamma</i> da ^{60}Co)	7,5	0,25
580 keV (fotoni <i>delta</i> secondari da ^{60}Co)	8,8	0,3
200-250 keV	100	3,5

Tratto da: I.C.R.P., *Internat. Commission on Radiological Protection*, Pergamon Press

Radiazioni beta		
Energia	D.I. (coppie di ioni)	L.E.T. keV / μ metro
5 keV	70	2,4
50 MeV	13-14	0,45
500 keV	3-4	0,12
5.000 keV	3	0,1

Tratto da: I.C.R.P., *“Internat. Commission on Radiological Protection”*, Pergamon Press

Il ^{159}Gd emette soprattutto radiazioni *beta*, di energia massima intorno ai 950 keV, e con energia media intorno a 300 keV. ⁽¹⁾.

L'Efficacia Biologica Relativa (E.B.R.) che permette il passaggio da RAD a REM, (o da Gray a Sievert) è sostanzialmente il Fattore di Qualità (F.Q).

Esso è disomogeneo, difficilmente quantificabile con sicurezza in relazione alla Dose Assorbita, quest'ultima espressa in RAD o Gray.

Non esiste cioè una precisa relazione numerica fra queste due unità di misura.

Esiste invece una precisa relazione fra il REM (o Sievert) e l'unità di Dose Eritema Vivace, espressa in C.D.E.:

950 REM di radiazione qualsiasi, erogata in seduta unica, determineranno **1** C.D.E. di danno biologico (**950** REM / **seduta unica** = **1** C.D.E. di danno biologico).

Nota: non è noto il periodo di tempo considerato per l'erogazione di tale quantità di radiazione, ma può essere considerato inferiore ad un'ora.

Per tempi diversi di erogazione, la dose necessaria, espressa in REM (o Sievert), cambierà, aumentando il proprio valore numerico in caso di frazionamento della dose, pur mantenendo lo stesso effetto biologico sul tessuto sano, e definito come **1** C.D.E.

Poiché le misure in vivo o in vitro vengono effettuate in RAD (o Gray), corrispondenti a loro volta a precise quantità note di radionuclide, queste ultime espresse in microCurie (o MegaBequerel), si dedurrà l'estrema importanza di definire il rapporto preciso intercorrente tra RAD e REM (o tra Gray e Sievert) relativamente al ^{159}Gd .

Se nel caso delle radiazioni X o *gamma* questo rapporto è considerato pari ad 1, non altrettanto si può dire per le radiazioni *beta* di un qualsiasi radionuclide: le particelle *beta* a più bassa energia avranno un Fattore di Qualità più alto di 1, e quelle a più alta energia un F.Q. più basso di 1.

In letteratura si afferma in genere che la maggior parte dei radionuclidi *beta*-emittenti di più largo impiego come il ^{32}P e il ^{90}Y , hanno la capacità di erogare circa 700 RAD per 0,1 milliCurie/cmq., con effetto biologico paragonabile a quello di 1.000 Roentgen (950 RAD) di raggi X di riferimento (200-250 keV).

Nel caso del ^{90}Sr , in letteratura viene indicato un valore di dose per insorgenza di Eritema su cute umana pari a 616-821 RAD erogati in pochi minuti (23).

Il Tamario 170 ha una energia *beta* quasi sovrapponibile a quella del Gadolinio 159 (circa 1 MeV), a differenza del complesso $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$, caratterizzato quest'ultimo da elevata energia *beta* (2,6 MeV).

Ora, secondo stime I.C.R.P. (18), la Dose-Eritema da ^{170}Tm sembrerebbe essere simile comunque a quella dovuta a $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$.

Accettando questo dato, sia pure con riserva, e annotando il fatto di poter in futuro modificare la cifra di 700 RAD ⁽¹⁵⁾, l'autore del presente lavoro ritiene che, ritenendo come vera la nozione che 950 REM di ¹⁵⁹Gd erogati in dose acuta corrispondano a circa **700 RAD**, debba allora valere quanto segue:

- 1). E' dimostrato che 1.000 Roentgen su tessuto molle equivalgono a **950 REM** di raggi X da 200-250 keV .
- 2). 950 REM in dose acuta di raggi X da 200-250 keV equivalgono ad **1 C.D.E.** ⁽¹⁴⁾.
- 3). E' anche dimostrato che **1 milliCi /cmq** di un qualsiasi radionuclide *beta*-emittente corrisponde a circa **7.000 RAD / cmq / hr** (Dati di letteratura consolidata).

Si può quindi affermare che se 950 REM / dose acuta di raggi X da 200-250 keV possano corrispondere a 700 RAD di dose acuta di Gadolinio 159, ne deriverà che:

1 C.D.E. su tessuto sano erogato da un qualsiasi radionuclide *beta*-emittente, come ad esempio il Gadolinio 159, *sarà provocato* da circa 0,1 milliCi /cmq /hr dello stesso radio-isotopo (tab. 22.17).

Tab.22.17.: tabella di raffronto, in *dose continua e costante*, fra raggi X da 200-250 keV e radiazioni *beta*

	Dose continua e costante, pari ad 1 C.D.E.		
Tempo di Esposizione	<i>Roentgen</i>	Rx 200-250 keV F.Q. =1 (RAD = REM)	<i>Beta</i> F.Q. > 1 (RAD ≠ REM)
Dose acuta (tempo <i>non noto</i>)	1.000 R	950 RAD	700 RAD
1 giorno continuo	1.706	1.620	1.194
2 giorni continui	1.982	1.882	1.387
3 giorni continui	2.158	2.050	1.510
4 giorni continui	2.292	2.178	1.604
5 giorni continui	2.414	2.294	1.690
6 giorni continui	2.508	2.382	1.755
7 giorni continui	2.630	2.500	1.841
8 giorni continui	2.670	2.536	1.870
9 giorni continui	2.738	2.600	1.916
10 giorni continui	2.805	2.664	1.963
11 giorni continui	2.860	2.718	2.002
12 giorni continui	2.914	2.768	2.040
13 giorni continui	2.968	2.820	2.077
14 giorni continui	3.014	2.863	2.010
15 giorni continui	3.060	2.907	2.142

Graf. 22.1: curva di decadimento del ^{159}Gd

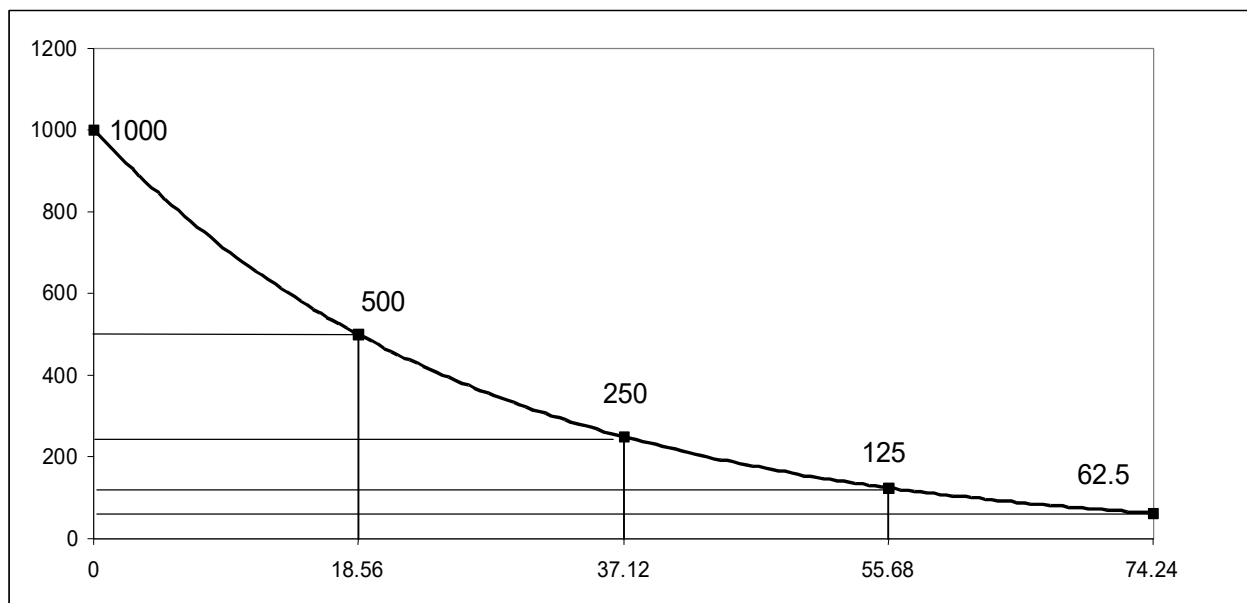
Cap. 22.3.c.: Intensità di dose erogata *costante* nel tempo e intensità di dose erogata nel tempo a *decremento esponenziale*

La C.D.E. di Bistolfi presuppone una *intensità di dose costante* nel tempo e non una *intensità di dose a decremento esponenziale* nel tempo (come nel caso del ^{159}Gd).

Il Gadolinio ^{159}Gd decade invece in tempi molto rapidi, determinando così una *intensità di dose erogata a decremento esponenziale* nel tempo, anziché *costante* nel tempo.

La tabella 22.17 presuppone una *intensità di dose costante* delle radiazioni, cosa che effettivamente avviene nel caso delle radiazioni X esterne e anche nel caso del decadimento del Radio 226 (*gamma* emittente), un radionuclide caratterizzato da un lunghissimo tempo di dimezzamento fisico, e che pertanto può essere considerato un radio-isotopo ad intensità di dose *praticamente "costante"*, rispetto invece al ^{159}Gd , che tende a decrescere rapidamente nella sua intensità di dose, rendendo quindi l'emissione continua **non** più costante nel tempo, ma a decremento esponenziale.

Il decadimento del ^{159}Gd può essere meglio esemplificato nel Grafico 22.1:



Sull'asse y è riportata la quantità di sostanza radioattiva (ad esempio 1.000 microCurie).

Sull'asse x è riportato il periodo di tempo considerato, espresso in ore.

E' possibile "trasformare" tale curva in un rettangolo (dose *costante* x **tempo** di esposizione o di assorbimento), cioè considerare il decadimento come se il numero di disintegrazioni al secondo fosse stabile (costante).

Trasformando il decadimento radioattivo (a decremento esponenziale) in emissione costante (**vita media**), è possibile affermare la seguente eguaglianza dei tempi di emissioni radioattive del ¹⁵⁹Gd mostrati in grafico 22.2.:

$$\text{dose rilasciata nel tempo } A = \text{dose rilasciata nel tempo } B$$

Viene cioè introdotto il concetto di **vita media** del radio-isotopo, equivalente al prodotto dell'**emiperiodo fisico** (18,56 ore nel caso del ¹⁵⁹Gd) per **1,443**.

Vita media del ¹⁵⁹Gd = **emiperiodo fisico** x 1,443 = 18,56 ore x 1,443 = 26,78 ore.

Esso è il tempo che si sarebbe reso necessario per il decadimento completo di metà del radio-isotopo considerato, qualora l'intensità di emissione delle radiazioni si fosse mantenuta **costante** per tutto il periodo di decadimento.

In pratica, ciò non accade con i radio-isotopi a breve e a medio periodo di dimezzamento fisico.

Trasformando il decadimento radioattivo in modo da ottenere una emissione **costante (vita media)**, è però possibile paragonare tale dose di assorbimento, espressa come emissione **costante**, a quella che si ha normalmente nel *decremento esponenziale*, propria del ¹⁵⁹Gd.

Essendo la cifra **1,443** il rapporto numerico fra rateo ad intensità **costante**, e il rateo ad intensità a **decremento esponenziale**, si può correggere la tabella 22.17 con la seguente formula, esemplificata in grafico 22.2:

$$\begin{aligned} \text{Periodo di tempo ad emissione di } \textit{dose costante} \text{ nel tempo diviso } \mathbf{1,443} &= \\ &= \text{Periodo di tempo ad emissione di } \textit{dose con decremento esponenziale} \end{aligned}$$

In questo modo risulta possibile impiegare la C.D.E. indicata in tabella 22.17 e riferita ad una dose **continua** di emissione di tipo *beta*, in tempi diversi di permanenza in ambito neoplastico, e caratterizzati da una Dose-Eritema pari a 1 C.D.E. come o da noi supposto per radionuclidi a rapido decadimento.

Ciò che cambia è ovviamente il tempo di permanenza del radionuclide ad emissione di radiazione *in decremento esponenziale* di intensità anziché in emissione di radiazione di intensità *costante*.

Tab.22.18.: tempi *diversi* per dose a decremento esponenziale e per dose continua, pari ad 1 C.D.E.

TEMPO per intensità di dose costante di esposizione	TEMPO per intensità di dose a decr. esponenziale di esposizione	RAD totali (100 erg / g)
Tempo (non noto) di dose acuta	Tempo (non noto) di dose acuta diviso per 1,443	Circa 700 RAD
24 ore continue	16,6 ore continue	1.194
48 ore continue	33 ore continue	1.387
72 ore continue	50 ore continue	1.510
96 ore continue	66,5 ore continue	1.604
120 ore continue	83 ore continue	1.690
144 ore continue	100 ore continue	1.755
168 ore continue	116,5 ore continue	1.841
192 ore continue	133 ore continue	1.870
216 ore continue	150 ore continue	1.916
240 ore continue	166 ore continue	1.963
264 ore continue	182 ore continue	2.002
288 ore continue	200 ore continue	2.040
312 ore continue	216 ore continue	2.077
336 ore continue	232 ore continue	2.109
360 ore continue	249 ore continue	2.142

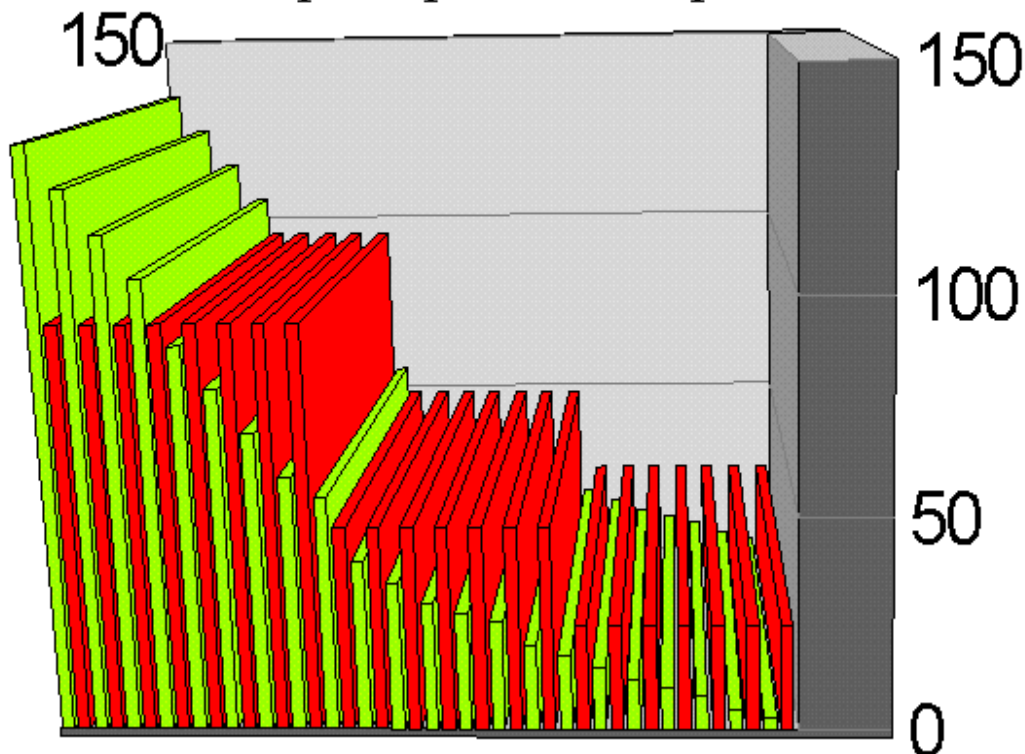
Graf. 22.2.: tempi equivalenti (in ore), riferiti per il Gadolinio 159, per emiperiodo fisico e per vita media.

Emiperiodo fisico (Colore verde)

Vita media (Colore rosso)

	Dose rilasciata durante il reale decadimento radioattivo, con intensità di dose a decremento esponenziale (tempo A)	Dose rilasciata durante una teorica emissione da ¹⁵⁹ Gd, supponendo una intensità di dose costante nel tempo (tempo B)
Tempo 1	Da 0 a 18,56 hr	Da 0 a 26,78 hr
Tempo 2	da 18,56 a 37,12 hr	da 26,78 a 53,56 hr
Tempo 3	da 37,12 a 55,68 hr	da 53,56 a 80,34 hr
Tempo 4	da 55,68 a 74,24 hr	da 80,34 a 107,12 hr
Tempo 5	da 74,24 a 92,8 hr	da 107,12 a 134 hr

Tempi Equivalenti riferiti per il GADOLINIO 159
per Emiperiodo Fisico e per Vita Media



Tab. 22.19.: tempi per dose continua (per intensità di dose a **decr. esponenziale** di esposizione) pari ad **1 C.D.E.**
 Si può quindi affermare quanto segue:

Ore continue di assorbimento con intensità di dose a decr. esponenz.	RAD totali (100 erg / grammo)
Tempo (<i>non noto</i>) di dose acuta	700 RAD
16,6	1.194
33	1.387
50	1.510
66,5	1.604
83	1.690
100	1.755
116,5	1.841
133	1.870
150	1.916
166	1.963
182	2.002
200	2.040
216	2.077
232	2.109
249	2.142

Cap.22.3.d.:

diversa *distribuzione di dose* nel volume bersaglio delle radiazioni considerate

In realtà, il 90% della dose *beta* da Gadolinio 159 viene assorbita entro 1 mm circa di tessuto biologico, contro i 10 mm che sono invece necessari per assorbire una dose equivalente di radiazioni X o *gamma*.

Infatti, se 1 RAD corrisponde a 100 erg di raggi X o *gamma* assorbiti in maniera sostanzialmente uniforme in 1 centimetro cubo di tessuto molle, pari pertanto a circa 10 erg per ogni millimetro di spessore del **cubetto** di tessuto molle, non altrettanto si può affermare per le radiazioni *beta* da Gadolinio 159, che determinano invece una percentuale di dose assorbita di circa il 90% di 1 RAD (90 erg) entro il primo millimetro circa di tessuto attraversato. (In realtà lo spessore di tessuto molle interessato è di 0,8 millimetri, ma per semplicità di calcolo lo arrotondiamo a 1 mm).

Si deve pertanto apportare un'ulteriore correzione ai dati finora considerati, compresa la tabella precedente, rimarcando che la dose rilasciata dal ^{159}Gd , indicata nell'ultima tabella, non può riferirsi a 1 grammo di tessuto molle, ma a 0,1 grammi di tessuto molle.

Si considera a questo punto solo la dose, espressa in erg totali /decigrammo di tessuto biologico.

Facendo un passo indietro e riconsiderando la dose C.D.E. equivalente rilasciata da raggi X o *gamma* per ciascuno dei 10 millimetri di spessore di un **cubetto** di 1 cm cubo di tessuto molle, si ha (vedi tabella 22.20):

Tab.22.20.: RAD totali/decigrammo equivalenti ad 1 C.D.E.

<i>Ore continue di assorbimento in dose a decr. esponenziale</i>	Raggi X o <i>gamma</i> equivalenti ad 1 C.D.E.		
	<i>RAD totali</i>	<i>erg totali / grammo</i>	<i>erg totali / decigrammo</i>
Tempo di dose acuta (non noto)	700	70.000	7.000
16,6	1.194	119.400	11.940
33	1.387	138.700	13.870
50	1.510	151.000	15.100
66,5	1.604	160.400	16.040
83	1.690	169.000	16.900
100	1.755	175.500	17.550
116,5	1.841	184.100	18.410
133	1.870	187.000	18.700
150	1.916	191.600	19.160
166	1.963	196.300	19.630
182	2.002	200.200	20.020
200	2.040	204.000	20.400
216	2.077	207.700	20.770
232	2.109	210.900	21.090
249	2.142	214.200	21.420

Si considera la quarta colonna di tabella 22.20, ove è riportata la dose totale, espressa in :
erg totali /decigrammo, (vedi anche tabella 22.21).

<i>Ore continue di assorbimento in dose a decr. esponenziale</i>	<i>erg totali / 0,1 g = 1 C.D.E.</i>
Tempo di dose acuta (non noto)	7.000
16,6 ore	11.940
33 ore	13.870
50 ore	15.100
66,5 ore	16.040
83 ore	16.900
100 ore	17.550
116,5 ore	18.410
133 ore	18.700
150 ore	19.160
166 ore	19.630
182 ore	20.020
200 ore	20.400
216 ore	20.770
232 ore	21.090
249 ore	21.420

In tal modo si ottiene l'esatto valore, espressa in erg totali, della dose che, rilasciata entro il primo millimetro di tessuto molle, determina la Dose-Eritema Vivace, da qualsiasi tipo di sorgente, purché caratterizzata dalle seguenti caratteristiche:

- 1). Dose-Eritema Vivace in dose acuta (tempo non noto) = 7.000 erg /decigrammo.
- 2). Emissione continua e non frazionata.
- 3). Emissione con intensità di dose a decremento esponenziale.

E' questa la caratteristica di un qualsiasi radionuclide *beta*-emittente, di cui interessi solo la dose depositata entro il primo millimetro di tessuto.

In queste condizioni possiamo calcolare le diverse quantità di un radionuclide *beta*-emittente a rapido decadimento come il ^{159}Gd , espresse in microCurie per decigrammo di tessuto biologico che, in tempi diversi di permanenza sul tessuto, siano in grado di raggiungere una Dose-Eritema Vivace, cioè 1 C.D.E.

Consideriamo quindi all'inizio il processo di decadimento di una certa quantità di Gadolinio 159.

Il K del Gadolinio 159 è: $e^{-\lambda T_{\text{Fisico}}}$, poichè deriva dalla seguente formula generale, riferita al decadimento radioattivo:

$$N(t) = N(0) \times e^{-\lambda T_{\text{Fisico}}}$$

$$e^{-\lambda T_{\text{Fisico}}} = K$$

Il K del Gadolinio 159 è il seguente (tabella 22.22):

Tab.22.22.: K del Gadolinio 159 ($e^{-\lambda T_{\text{Fisico}}} = K$)

TEMPO	K	TEMPO	K	TEMPO	K
1 ora	0,96	24 ore	0,40	47 ore	0,172
2 ore	0,928	25 ore	0,393	48 ore	0,166
3 ore	0,894	26 ore	0,378	49 ore	0,16
4 ore	0,861	27 ore	0,364	50 ore	0,154
5 ore	0,829	28 ore	0,351	51 ore	0,148
6 ore	0,799	29 ore	0,338	52 ore	0,143
7 ore	0,769	30 ore	0,326	53 ore	0,138
8 ore	0,741	31 ore	0,314	54 ore	0,133
9 ore	0,714	32 ore	0,302	55 ore	0,128
10 ore	0,688	33 ore	0,291	56 ore	0,123
11 ore	0,663	34 ore	0,28	57 ore	0,119
12 ore	0,638	35 ore	0,27	58 ore	0,11
13 ore	0,615	36 ore	0,26	59 ore	0,11
14 ore	0,592	37 ore	0,251	60 ore	0,10
15 ore	0,571	38 ore	0,241	61 ore	0,1
16 ore	0,550	39 ore	0,233	65 ore	0,08
17 ore	0,530	40 ore	0,224	70 ore (3 giorni)	0,07
18 ore	0,510	41 ore	0,216	75 ore	0,06
19 ore	0,491	42 ore	0,208	80 ore	0,05
20 ore	0,473	43 ore	0,2	85 ore	0,04
21 ore	0,456	44 ore	0,193	90 ore	0,03
22 ore	0,439	45 ore	0,186	95 ore (4 giorni)	0,02
23 ore	0,423	46 ore	0,179	120 ore (5 giorni)	0,01

A questo punto si valutano i microCurie di ^{159}Gd disintegratisi totalmente su 100 microCurie iniziali (tab. 22.23).

Tab. 22.23: microCurie di Gadolinio ^{159}Gd disintegratisi totalmente su 100 microCurie iniziali
Tab. 22.24.a: dose da attività iniziale di 1 microCurie di ^{159}Gd , in RAD/ $\mu\text{Ci-hr}$, secondo tempi e distanze diverse

Periodo di tempo	K	% di microCurie disintegratisi totalmente	microCurie disintegratisi totalmente su 100 microCurie iniziali
Tempo iniziale	1	1 %	1
Dopo 16,6 ore	0,54	46 %	46
Dopo 33 ore	0,291	70 %	70
Dopo 50 ore	0,154	84 %	84
Dopo 66,5 ore	0,08	92 %	92
Dopo 83 ore	0,04	96 %	96
Dopo 100 ore	0,02	98 %	98
Dopo 116,5 ore	0,01	99 %	99

A questo punto si calcola quanta dose viene rilasciata su bersagli costituiti da nuclei cellulari compattati, distribuiti in maniera uniforme su superfici omogenee poste rispettivamente a 30, 70, 200, 300, 500, 1.000 e 2.000 μ metri, da sorgenti di ^{159}Gd (1 microCurie) (vedi tabella 22.24.a, 22.24.b), sulla base della tabella 22.10 ricavate dal lavoro di Bardies ⁽¹⁾, e tabella 22.22.

Lo scopo è quello di conoscere le dosi complessive assorbite da nuclei cellulari posti tutti a distanze note dalle sorgenti di Gadolinio (30, 70, 200, 300, 500, 1.000 e 2.000 μ metri), e per tempi di assorbimento diversi (indicati in tabella 22.25.a e 22.25.b).

Questi valori di dose totale, riferiti ad una *attività iniziale* di 1 microCurie di ^{159}Gd , saranno poi comparati con le dosi di Crono-Bio-Dose unitarie di riferimento, misurate in erg totali / decigrammo, riportate in tabella 22.21, ottenendo i valori finali espressi in C.D.E. (tabelle 22.27.a e 22.27.b).

TEMPO	<i>K</i>	Dose interna a distanza di 30 μ metri dal nucleo cellulare, in RAD μ Ci-hr	Dose (da membrana cellulare) a 70 μ metri dal nucleo cellulare, in RAD μ Ci-hr	Dose da distanza di 200 μ metri dal nucleo cellulare, in RAD μ Ci-hr
Tempo zero		1.000	100	11
Dopo 1 hr	0,96	960	96	10,56
2 ore	0,928	928	92,8	10,208
3 ore	0,894	894	89,4	9,834
4 ore	0,861	861	86,1	9,471
5 ore	0,829	829	82,9	9,119
6 ore	0,799	799	79,9	8,789
7 ore	0,769	769	76,9	8,460
8 ore	0,741	741	74,1	8,151
9 ore	0,714	714	71,4	7,854
10 ore	0,688	688	68,8	7,568
11 ore	0,663	663	66,3	7,293
12 ore	0,638	638	63,8	7,018
13 ore	0,615	615	61,5	6,76
14 ore	0,592	592	59,2	6,512
15 ore	0,571	571	57,1	6,281
16 ore	0,550	550	55,0	6,050
17 ore	0,530	530	53,0	5,830
18 ore	0,510	510	51,0	5,61
19 ore	0,491	491	49,1	5,401
20 ore	0,473	473	47,3	5,203
21 ore	0,456	456	45,6	5,016
22 ore	0,439	439	43,9	4,829
23 ore	0,423	423	42,3	4,653
24 ore	0,40	400	40	4,4

25 ore	0,393	393	39,3	4,323
26 ore	0,378	378	37,8	4,158
27 ore	0,364	364	36,4	4
28 ore	0,351	351	35,1	3,861
29 ore	0,338	338	33,8	3,718
30 ore	0,326	326	32,6	3,586
31 ore	0,314	314	31,4	3,454
32 ore	0,302	302	30,2	3,322
33 ore	0,291	291	29,1	3,201
34 ore	0,28	280	28	3,08
35 ore	0,27	270	27	2,97
36 ore	0,26	260	26	2,86
37 ore	0,251	251	25,1	2,76
38 ore	0,241	241	24,1	2,651
39 ore	0,233	233	23,3	2,563
40 ore	0,224	224	22,4	2,464
41 ore	0,216	216	21,6	2,376
42 ore	0,208	208	20,8	2,288
43 ore	0,2	200	20	2,2
44 ore	0,193	193	19,3	2,123
45 ore	0,186	186	18,6	2,046
46 ore	0,179	179	17,9	1,970
47 ore	0,172	172	17,2	1,892
48 ore	0,166	166	16,6	1,826
49 ore	0,16	160	16	1,76
50 ore	0,154	154	15,4	1,7
51 ore	0,148	148	14,8	1,628
52 ore	0,143	143	14,3	1,573
53 ore	0,138	138	13,8	1,51
54 ore	0,133	133	13,3	1,463

55 ore	0,128	128	12,8	1,408
56 ore	0,123	123	12,3	1,353
57 ore	0,118	118	11,8	1,29
58 ore	0,113	113	11,3	1,24
59 ore	0,109	109	10,9	1,19
60 ore	0,105	105	10,5	1,15
61 ore	0,101	101	10,1	1,11
62 ore	0,098	98	9,8	1,07
63 ore	0,094	94	9,4	1,03
64 ore	0,09	90	9	0,99
65 ore	0,087	87	8,7	0,95
66 ore	0,084	84	8,4	0,92
67 ore	0,081	81	8,1	0,89
68 ore	0,078	78	7,8	0,85
69 ore	0,075	75	7,5	0,82
70 ore	0,072	72	7,2	0,79
71 ore	0,069	69	6,9	0,75
72 ore	0,067	67	6,7	0,73
73 ore	0,064	64	6,4	0,7
74 ore	0,062	62	6,2	0,68
75 ore	0,06	60	6,0	0,66
76 ore	0,058	58	5,8	0,63
77 ore	0,058	58	5,8	0,63
78 ore	0,053	53	5,3	0,58
79 ore	0,051	51	5,1	0,56
80 ore	0,05	50	5,0	0,55
81 ore	0,048	48	4,8	0,52
82 ore	0,046	46	4,6	0,50
83 ore	0,044	44	4,4	0,48
84 ore	0,042	42	4,2	0,46

85 ore	0,041	41	4,1	0,45
86 ore	0,04	40	4	0,44
87 ore	0,038	38	3,8	0,41
88 ore	0,036	36	3,6	0,39
89 ore	0,035	35	3,5	0,38
90 ore	0,034	34	3,4	0,37
91 ore	0,033	33	3,3	0,36
92 ore	0,031	31	3,1	0,34
93 ore	0,03	30	3	0,33
94 ore	0,029	29	2,9	0,31
95 ore	0,028	28	2,8	0,30
96 ore	0,027	27	2,7	0,29
97 ore	0,026	26	2,6	0,28
98 ore	0,025	25	2,5	0,27
99 ore	0,024	24	2,4	0,26
100 ore	0,023	23	2,3	0,25
101 ore	0,022	22	2,2	0,24
102 ore	0,021	21	2,1	0,23
103 ore	0,021	21	2,1	0,23
104 ore	0,020	20	2	0,22
105 ore	0,019	19	1,9	0,20
106 ore	0,018	18	1,8	0,19
107 ore	0,018	18	1,8	0,19
108 ore	0,017	17	1,7	0,18
109 ore	0,016	16	1,6	0,17
110 ore	0,016	16	1,6	0,17
111 ore	0,015	15	1,5	0,16
112 ore	0,015	15	1,5	0,16
113 ore	0,014	14	1,4	0,15
114 ore	0,013	13	1,3	0,14

Tab. 22.24.b: dose da attività iniziale di 1 microCurie di ^{159}Gd , in RAD $\mu\text{Ci-hr}$, secondo tempi e distanze diverse.

TEMPO	K	Dose da distanza di 300 μ metri dal nucleo cellul., in RAD $\mu\text{Ci-hr}$	Dose da distanza di 500 μ metri dal nucleo cellul., in RAD $\mu\text{Ci-hr}$	Dose da distanza di 1 millimetro dal nucleo cellul., in RAD $\mu\text{Ci-hr}$	Dose da distanza di 2 millimetri dal nucleo cellul., in RAD $\mu\text{Ci-hr}$
115 ore	0,013	13	1,3	0,14	
116 ore	0,012	12	1,2	0,13	
117 ore	0,012	12	1,2	0,13	
118 ore	0,012	12	1,2	0,13	
119 ore	0,011	11	1,1	0,12	
120 ore	0,011	11	1,1	0,12	

TEMPO	K	Dose da distanza di 300 μ metri dal nucleo cellul., in RAD $\mu\text{Ci-hr}$	Dose da distanza di 500 μ metri dal nucleo cellul., in RAD $\mu\text{Ci-hr}$	Dose da distanza di 1 millimetro dal nucleo cellul., in RAD $\mu\text{Ci-hr}$	Dose da distanza di 2 millimetri dal nucleo cellul., in RAD $\mu\text{Ci-hr}$
T. zero	1	4,6	1,4	0,22	0,1
Dopo 1 hr	0,96	4,416	1,344	0,211	0,096
2 ore	0,928	4,268	1,3	0,204	0,0928
3 ore	0,894	4,110	1,251	0,196	0,0894
4 ore	0,861	3,960	1,205	0,189	0,0861

5 ore	0,829	3,811	1,16	0,182	0,0829
6 ore	0,799	3,673	1,118	0,175	0,0799
7 ore	0,769	3,535	1,076	0,168	0,0769
8 ore	0,741	3,407	1,037	0,163	0,0741
9 ore	0,714	3,285	1	0,157	0,0714
10 ore	0,688	3,164	0,963	0,151	0,0688
11 ore	0,663	3,050	0,928	0,145	0,0663
12 ore	0,638	2,934	0,893	0,14	0,0638
13 ore	0,615	2,828	0,861	0,135	0,0615
14 ore	0,592	2,720	0,828	0,13	0,0592
15 ore	0,571	2,625	0,8	0,125	0,0571
16 ore	0,550	2,530	0,77	0,121	0,055
17 ore	0,530	2,438	0,742	0,116	0,053
18 ore	0,510	2,346	0,714	0,112	0,051
19 ore	0,491	2,258	0,687	0,108	0,0491
20 ore	0,473	2,175	0,662	0,104	0,0473
21 ore	0,456	2,096	0,638	0,1	0,0456
22 ore	0,439	2,017	0,614	0,096	0,0439
23 ore	0,423	1,945	0,592	0,093	0,0423
24 ore	0,40	1,840	0,56	0,088	0,040
25 ore	0,393	1,807	0,55	0,086	0,0393
26 ore	0,378	1,738	0,529	0,083	0,0378
27 ore	0,364	1,672	0,509	0,08	0,0364
28 ore	0,351	1,613	0,491	0,077	0,0351
29 ore	0,338	1,554	0,473	0,074	0,0338
30 ore	0,326	1,498	0,456	0,071	0,0326
31 ore	0,314	1,442	0,439	0,069	0,0314
32 ore	0,302	1,386	0,422	0,066	0,0302
33 ore	0,291	1,337	0,407	0,064	0,0291
34 ore	0,28	1,288	0,392	0,061	0,028

35 ore	0,27	1,242	0,378	0,059	0,027
36 ore	0,26	1,196	0,364	0,057	0,026
37 ore	0,251	1,153	0,351	0,055	0,0251
38 ore	0,241	1,107	0,337	0,053	0,0241
39 ore	0,233	1,071	0,326	0,051	0,0233
40 ore	0,224	1,028	0,313	0,049	0,0224
41 ore	0,216	0,992	0,302	0,047	0,0216
42 ore	0,208	0,956	0,291	0,045	0,0208
43 ore	0,2	0,918	0,28	0,044	0,020
44 ore	0,193	0,887	0,27	0,042	0,0193
45 ore	0,186	0,854	0,26	0,04	0,0186
46 ore	0,179	0,821	0,25	0,039	0,0179
47 ore	0,172	0,788	0,24	0,037	0,0172
48 ore	0,166	0,762	0,232	0,036	0,0166
49 ore	0,16	0,736	0,224	0,035	0,016
50 ore	0,154	0,706	0,215	0,033	0,0154
51 ore	0,148	0,680	0,207	0,032	0,0148
52 ore	0,143	0,657	0,2	0,031	0,0143
53 ore	0,138	0,634	0,193	0,030	0,0138
54 ore	0,133	0,611	0,186	0,029	0,0133
55 ore	0,128	0,588	0,179	0,028	0,0128
56 ore	0,123	0,565	0,172	0,027	0,0123
57 ore	0,118	0,542	0,165	0,025	0,0118
58 ore	0,113	0,519	0,158	0,024	0,0113
59 ore	0,109	0,501	0,152	0,023	0,0109
60 ore	0,105	0,483	0,147	0,023	0,0105
61 ore	0,101	0,464	0,141	0,022	0,0101
62 ore	0,098	0,450	0,137	0,021	0,0098
63 ore	0,094	0,432	0,131	0,020	0,0094
64 ore	0,09	0,414	0,126	0,019	0,009

65 ore	0,087	0,4	0,121	0,019	0,0087
66 ore	0,084	0,386	0,117	0,018	0,0084
67 ore	0,081	0,372	0,113	0,017	0,0081
68 ore	0,078	0,358	0,109	0,017	0,0078
69 ore	0,075	0,345	0,105	0,016	0,0075
70 ore	0,072	0,331	0,1	0,015	0,0072
71 ore	0,069	0,317	0,096	0,015	0,0069
72 ore	0,067	0,308	0,093	0,014	0,0067
73 ore	0,064	0,294	0,089	0,014	0,0064
74 ore	0,062	0,285	0,086	0,013	0,0062
75 ore	0,06	0,276	0,084	0,013	0,006
76 ore	0,058	0,266	0,081	0,012	0,0058
77 ore	0,058	0,266	0,081	0,012	0,0058
78 ore	0,053	0,243	0,074	0,011	0,0053
79 ore	0,051	0,234	0,071	0,011	0,0051
80 ore	0,05	0,230	0,07	0,011	0,005
81 ore	0,048	0,220	0,067	0,010	0,0048
82 ore	0,046	0,211	0,064	0,010	0,0046
83 ore	0,044	0,202	0,061	0,0096	0,0044
84 ore	0,042	0,193	0,058	0,0092	0,0042
85 ore	0,041	0,188	0,057	0,0090	0,0041
86 ore	0,04	0,184	0,056	0,0088	0,004
87 ore	0,038	0,174	0,053	0,0083	0,0038
88 ore	0,036	0,165	0,05	0,0079	0,0036
89 ore	0,035	0,161	0,049	0,0077	0,0035
90 ore	0,034	0,156	0,047	0,0074	0,0034
91 ore	0,033	0,153	0,046	0,0072	0,0033
92 ore	0,031	0,142	0,043	0,0068	0,0031
93 ore	0,03	0,138	0,042	0,0066	0,003
94 ore	0,029	0,133	0,04	0,0063	0,0029

95 ore	0,028	0,124	0,039	0,0061	0,0028
96 ore	0,027	0,123	0,037	0,0059	0,0027
97 ore	0,026	0,119	0,036	0,0057	0,0026
98 ore	0,025	0,115	0,035	0,0055	0,0025
99 ore	0,024	0,11	0,033	0,0052	0,0024
100 ore	0,023	0,105	0,032	0,0050	0,0023
101 ore	0,022	0,101	0,03	0,0048	0,0022
102 ore	0,021	0,096	0,029	0,0046	0,0021
103 ore	0,021	0,096	0,029	0,0046	0,0021
104 ore	0,020	0,092	0,028	0,0044	0,0020
105 ore	0,019	0,087	0,026	0,0041	0,0019
106 ore	0,018	0,082	0,025	0,0039	0,0018
107 ore	0,018	0,082	0,025	0,0039	0,0018
108 ore	0,017	0,078	0,023	0,00374	0,0017
109 ore	0,016	0,073	0,022	0,00352	0,0016
110 ore	0,016	0,073	0,022	0,00352	0,0016
111 ore	0,015	0,069	0,021	0,0033	0,0015
112 ore	0,015	0,069	0,021	0,0033	0,0015
113 ore	0,014	0,064	0,019	0,00308	0,0014
114 ore	0,013	0,059	0,018	0,00286	0,0013
115 ore	0,013	0,059	0,018	0,00286	0,0013
116 ore	0,012	0,055	0,016	0,00264	0,0012
117 ore	0,012	0,055	0,016	0,00264	0,0012
118 ore	0,012	0,055	0,016	0,00264	0,0012
119 ore	0,011	0,05	0,015	0,00242	0,0011
120 ore	0,011	0,05	0,015	0,00242	0,0011

Tab.:22.25.a.: dose in RAD, da *attività iniziale* di 1 microCurie di ^{159}Gd , secondo tempi e distanze diverse

Periodo di tempo	% di microCurie disintegrati completi	RAD totali a 30 μ metri dal nucleo cellulare	RAD totali a 70 μ metri dal nucleo cellulare	RAD totali a 200 μ metri dal nucleo cellulare	RAD totali a 300 μ metri dal nucleo cellulare
Entro la 1 ⁰ ora	1 %	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>
Dopo 16,6 ore	46 %	13.077	1.307	146	60
Dopo 33	70 %	19.591	1.959	214	92
Dopo 50	84 %	23.184	2.318	253,2	235
Dopo 66,5	92 %	24.954	2.495	273,5	243
Dopo 83	96 %	26.032	2.603	284,7	248
Dopo 100	98 %	26.574	2.657	290	250
Dopo 116,5	99 %	26.844	2.684	293	252

Tab.:22.25.b.: dose in RAD, da *attività iniziale* di 1 microCurie di ¹⁵⁹Gd, secondo tempi e distanze diverse

Periodo di tempo	% di microCurie (disintegrati completamente)	RAD totali a 500 μ metri dal nucleo cellulare	RAD totali a 1 mm dal nucleo cellulare	RAD totali a 2 mm dal nucleo cellulare
Entro la prima ora	1 %	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>
Dopo 16,6 ore	46 %	18	3,3	1,3
Dopo 33	70 %	27,2	4,8	1,95
Dopo 50	84 %	32,2	5,56	2,31
Dopo 66,5	92 %	34,7	5,95	2,49
Dopo 83	96 %	36	6,1	2,60
Dopo 100	98 %	36,7	6,3	2,65
Dopo 116,5	99 %	37,2	6,35	2,68

I valori complessivi di dose assorbita, espressi in RAD totali (100 erg /grammo), dovuti ad una *attività iniziale* di 1 microCurie di Gadolinio 159, vanno a questo punto modificati in erg totali / decigrammo di tessuto biologico: 1 RAD = 10 erg /decigrammo (tabella 22.26).

Tab.: 22.26.a.b: erg totali erogati su 0,1 grammi di tessuto molle, pari a 1 cmq (primo millimetro di tessuto, avente una superficie di 1 cm quadrato), riferiti a tabella 22.25a/b e dovuti all'assorbimento di dosi variabili nel tempo (a decr. esponenziale) da attività iniziale di 1 microCurie di Gadolinio 159

Periodo di tempo	% di microCurie (disintegrati completi)	erg totali a 30 μ metri dal nucleo cellulare	erg totali a 70 μ metri dal nucleo cellulare	erg totali a 200 μ metri dal nucleo cellulare	erg totali a 300 μ metri dal nucleo cellulare
Entro la prima ora	1 %	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>
Dopo 16,6 ore	46 %	130.700	13.000	1400	600
Dopo 33	70 %	195.900	19.500	2100	900
Dopo 50	84 %	231.800	23.100	2500	2300
Dopo 66,5	92 %	249.500	24.900	2700	2400
Dopo 83	96 %	260.300	26.000	2800	2400
Dopo 100	98 %	265.700	26.500	2900	2500

Tab.: 22.26.b.

Periodo di tempo	% di microCurie (disintegrati completamente)	erg totali a 500 μ metri dal nucleo cellul.	erg totali a 1 millimetro dal nucleo cellul.	erg totali a 2 millimetri dal nucleo cellul.
Entro la prima ora	1 %	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>
Dopo 16,6 ore	46 %	180	33	13
Dopo 33	70 %	272	48	19
Dopo 50	84 %	322	55	23
Dopo 66,5	92 %	347	59	24
Dopo 83	96 %	360	61	26
Dopo 100	98 %	367	63	26

Da queste tavole si ricava la dose relativa per le diverse distanze, espressa in C.D.E., per 1 microCurie di *attività iniziale* di Gadolinio 159, posto a distanza variabile dal nucleo cellulare e per tempi diversi di assorbimento (tabella 22.27a/b).

Tab. 22.27.a.: dose relativa per le diverse distanze, espressa in C.D.E., per 1 microCurie di *attività iniziale* di Gadolinio 159, posto a distanza variabile dal nucleo cellulare e per tempi diversi di assorbimento.

Periodo di tempo	CDE a 30 μ metri dal nucleo cellul. da 1 μ Curie di ^{159}Gd	CDE a 70 μ metri dal nucleo cellul. da 1 μ Curie di ^{159}Gd	CDE a 200 μ metri dal nucleo cellul. da 1 μ Curie di ^{159}Gd	CDE a 300 μ metri dal nucleo cellul. da 1 μ Curie di ^{159}Gd
Entro la prima ora	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>
Dopo 16,6 ore	11	1,1	0,12	0,05
Dopo 33	14,1	1,4	0,15	0,06
Dopo 50	15,3	1,5	0,16	0,15
Dopo 66,5	15,5	1,5	0,17	0,15
Dopo 83	15,4	1,5	0,16	0,14
Dopo 100	15,1	1,5	0,16	0,14

Tab.22.27.b.: dose relativa per le diverse distanze, espressa in C.D.E., per 1 microCurie di *attività iniziale*

di Gadolinio 159, posto a distanza variabile dal nucleo cellulare e per tempi diversi di assorbimento

Periodo di tempo	CDE a 500 μ metri dal nucleo cellul., da 1 μ Curie di ^{159}Gd	CDE a 1 millimetro dal nucleo cellul., da 1 μ Curie di ^{159}Gd	CDE a 2 millimetri dal nucleo cellul., da 1 μ Curie di ^{159}Gd
Entro la prima ora	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>
Dopo 16,6 ore	0,015	$2,7 \text{ E}^{-3}$	1 E^{-3}
Dopo 33	0,02	$3,4 \text{ E}^{-3}$	$1,4 \text{ E}^{-3}$
Dopo 50	0,02	$3,6 \text{ E}^{-3}$	$1,5 \text{ E}^{-3}$
Dopo 66,5	0,02	$3,7 \text{ E}^{-3}$	$1,5 \text{ E}^{-3}$
Dopo 83	0,02	$3,6 \text{ E}^{-3}$	$1,5 \text{ E}^{-3}$
Dopo 100	0,02	$3,5 \text{ E}^{-3}$	$1,5 \text{ E}^{-3}$

A fini di calcolo si propone arbitrariamente, per stimare la dose rilasciata al midollo osseo, al fegato e ad altri tessuti normali, di prendere in considerazione i valori CDE indicati in tab. 22.27.a, riferiti a 70 μ metri dal nucleo cellulare e, per quanto riguarda la dose rilasciata al tumore, si propone di considerare i valori CDE indicati in tabella 22.27/a riferiti a 200 μ metri dal nucleo cellulare.

In tal caso, si ottengono i valori di attività iniziale di ^{159}Gd , espressi in microCurie, necessari per il raggiungimento del valore arbitrario di 1 CDE, in tempi diversi di permanenza (tabella 22.28.a/b).

Tab. 22.28.a/b: range di valori di attività (da tempo zero) di ^{159}Gd , espressi in microCurie, necessari per il raggiungimento del valore arbitrario di 1 CDE, in tempi diversi di permanenza, alla rispettiva distanza critica di 70 μ metri dal nucleo cellulare (stima di dose al midollo osseo, alla cellula epatica e ad altri tessuti normali) e di 200 μ metri dal nucleo cellulare (stima di dose al tumore).

	22.28.a	22.28.b
Periodo di tempo	micro-Curie di ^{159}Gd necessari a 70 μ metri	micro-Curie di ^{159}Gd necessari a 200 μ metri
Entro la prima ora	<i>non noto</i>	<i>non noto</i>
Dopo 16,6 ore	1,1	8,3
Dopo 33 ore	1,4	6,6
Dopo 50 ore	1,5	6,25
Dopo 66,5 ore	1,5	5,88
Dopo 83 ore	1,5	6,25
Dopo 100 ore	1,5	6,25

Tab. 22.29.: biodosi tumoricide espresse in microCurie di *attività* di Gadolinio 159, per almeno 16,6 ore di permanenza media a *plateau*, per diversi tipi di neoplasia normo-ossigenata (0,1 grammi), e, presupponendo una distanza media dai nuclei cellulari di 200 micrometri (8,3 microCurie per 1 CDE)

Tipo di tessuto neoplastico	Biodosi tumoricide per 0,1 grammi di neoplasia, in microCurie di ¹⁵⁹Gd
Leucemie	4,15
Linfomi, sarcoma di Kaposi, emangiomi e linfangiomi	8,3
Linfosarcomi	12,45
Mieloma	16,6
Reticolosarcoma	15,77
Melanoma	27,8
Altri tumori cutanei	18,67
Tumori del labbro	19,9
Tumori del cavo orale e carcinomi della faringe e della laringe	19
Adenocarcinoma della tiroide	12,45
Carcinoma dell'esofago	16,6
Adenocarcinoma della mammella	16,6
Tumori del midollo spinale	12,45
Tumori del polmone	20,75
Sarcoma osteogenico	21,58
Sarcoma di Ewing	13,28
Osteoclastoma	10,8
Carcinoma generico a cellule squamose	16,6
Carcin. generico con metastasi alle catene linfatiche lombo-aortiche	23,24
Adenocarcinoma del retto-sigma	20,75
Disgerminoma ovarico	12,45
Altri tumori dell'ovaio	16,6
Carcinoma epidermoide del collo uterino	17,43
Carcinoma del corpo uterino	12,45

Ipernefroma del rene	10,37
Tumore di Wilms	8,3
Tumori della vescica	18,67
Seminoma puro	8,3
Altri tumori del testicolo	16,6
Neuroblastoma sotto i due anni di età	4,15
Neuroblastoma sopra i due anni di età	10,8
Retinoblastoma	15,77
Adenomi ipofisari di tipo basofilo	8,3
Adenomi ipofisari di tipo eosinofilo o cromofobo	12,45
Craniofaringioma	16,6
Emangioblastoma	12,45
Emangioendotelioma e Gliomi (escluso il medulloblastoma)	15,77
Medulloblastoma sotto i due anni di età	8,3
Medulloblastoma dai 3 anni in su	12,45

Cap. 22.4.: il sistema di calcolo T.D.F. (Time-Dose-Fractionation)

Un sistema alternativo di calcolo è quello basato sul *Time-Dose-Fractionation* (TDF) ⁽²¹⁾.

Esso consente di conoscere la dose massima somministrabile all'Uomo, senza rischio di danno grave al midollo osseo, e la dose curativa al tumore, in entrambi i casi conoscendo soltanto il tempo di dimezzamento effettivo del radionuclide iniettato.

Nel nostro caso si postulano 4 diversi tempi di dimezzamento effettivo del Gadolinio 159:

- 1). Tempo di dimezzamento effettivo per ¹⁵⁹Gd-DTPA-biotina₂
- 2). Tempo di dimezzamento effettivo per ¹⁵⁹Gd-DTPA-streptavidina
- 3). Tempo di dimezzamento effettivo per liposomi *Stealth* da 0,1 micrometri di diametro.
- 4). Tempo di dimezzamento effettivo per liposomi da 6,3 micrometri di diametro.

La formula generale è la seguente:

$$\text{TDF} = 0,122 \times r \text{ in iz}^{1,35} \times T_e$$

dove:

TDF = 1,3 se si vuole calcolare la dose massima ammissibile al midollo osseo

= 100 se si vuole calcolare la dose curativa al tumore.

r in iz.^{1,35} = dose iniettata al tempo zero, espressa in RAD /hr.

In termini più specifici 1,3 TDF vengono fatti equivalere a 200 RAD /24 hr; e 100 TDF vengono fatti equivalere a 6.000 RAD in 7 giorni di esposizione e assorbimento continua da ²²⁶ Ra.

Secondo Fower, 6.000 RAD andrebbero però compensate con aggiunta del 20% in più di dose, portando la dose terapeutica a 7.188 RAD ⁽¹⁶⁾.

In questo lavoro sulla C.D.E. non si è tenuto conto di questa aggiunta compensativa.

E' comunque interessante considerare che i 200 RAD / 24 hr sono fatti equivalere in Letteratura a 1,3 TDF ⁽²¹⁾.

Questi 200 RAD / 24 hr potrebbero forse equivalere a 0,21 C.D.E.

A loro volta, 6.000 RAD in 7 giorni (100 TDF) potrebbero equivalere a 2,5 C.D.E.

Le scale sono diverse, ma è possibile ricavare un Nomogramma; (vedi nomogramma 22.1)

Dose al midollo osseo da *non superare*:

$$\underline{\quad 200 \quad}. = 1,3 \text{ TDF}$$

1,44 x T_e in ore

$$\text{In pratica, } \mathbf{r \text{ iniz.}}^{1,35} = \underline{\quad 1,3 \text{ TDF} \quad}.$$

0,122 x T_e in ore

Dose al tumore *da raggiungere* per ottenere una dose terapeutica curativa:

$$\underline{\quad 7188 \quad}. = 100 \text{ TDF}$$

1,44 x T_e in ore

$$\text{In pratica, } \mathbf{r \text{ iniz.}}^{1,35} = \underline{\quad 100 \text{ TDF} \quad}.$$

0,122 x T_e in ore

Nomogramma comparativo fra CDE e TDF (non ancora verificato sperimentalmente)

0.0 CDE	0.0 TDF
0,1	
0,2 CDE	1,3 TDF
0,3	5,6
0,4	9,8
0,5	14
0,6 CDE	18,4
0,7	22,7
0,8	27
0,9	31
1 CDE	35,6
1,1	40
1,2	44,2
1,3	48,5
1,4	52,8
1,5 CDE	57
1,6	61,3
1,7	65,6
1,8	70
1,9	74,2
2 CDE	78,5
2,1	82,8
2,2	87
2,3	91,4
2,4	95,7
2,5 CDE	100 TDF

Tab.22.30.: livelli di contaminazione da ^{159}Gd (Nota: solo emissione *gamma*)

Contaminazione al suolo da Gadolinio 159

(calcolo di dose in *assenza* di emissione *beta* o *X* da *Bremsstrahlung*)

Emissioni *gamma* principali:

0,058 MeV

0,363 MeV

Costante Gamma Specifica (Γ) relativa a 0,058 MeV: 0,38 Roentgen / mCi.hr.1 cm

Costante Gamma Specifica (Γ) relativa a 0,363 MeV: 2 Roentgen / mCi.hr.1 cm

Rateo di Dose di Esposizione relativa a 0,058 MeV (con $\eta = 0,022$):

$0,38 \times 0,022 = 0,0083 \text{ R / mCi.hr.1 cm .}$

Rateo di Dose di Esposizione a 0,363 MeV (con $\eta = 0,1$) :

$2 \times 0,1 = 0,2 \text{ R / mCi.hr.1 cm .}$

Intensità di Dose di Esposizione totale per tabella 12.18: 0,02 *Roentgens / Curie.hr. ad 1 metro*

mR/hr/m	0,036	<0,36	<1	<2	<3	< 10
LIVELLO	Bianco	Giallo	Arancio	Rosso	Grigio	Nero 1
mCi / cmq	1,7	< 17	< 48	< 96	< 144	< 480

mR/hr/m	10	20	50	100	500	1
LIVELLO	Nero 1	Nero 2	Nero 5	Nero 10	Nero 50	Nero 100
mCi / cmq	< 480	< 960	< 1.200	< 2.400	< 24.000	< 48.000

Tab.22.31.: calcolo della *Bremsstrahlung* in assenza di schermatura

Calcolo di *Bremsstrahlung* per **Gadolinio 159**

E' il calcolo della frazione di energia cinetica delle particelle *beta*, convertita in radiazioni elettromagnetiche di *Bremsstrahlung*.

Viene espressa in Roentgen / hr / ad 1 metro di distanza per **1 Curie** di materiale radioattivo.

Decisivo è il numero atomico del materiale posto intorno al radionuclide, che influisce sul valore dello *Z* effettivo, aumentando la dose X di *Bremsstrahlung* anche di 3-4 volte rispetto a tessuto biologico, nel caso di materiali schermanti a base di Piombo. (Vedi tabella 22.31).

$$F = 3,33 E^{+4} \times Z_{\text{eff.}} \times \text{Energia Max di emissione } \beta, \text{ in MeV}$$

Tratto da: Luciani C., *Aspetti pratici connessi all'impiego di radio-isotopi in laboratorio*, Parte terza, "Notiziario Beckman", N.4, "Nucleare", 23.

F = frazione di energia cinetica delle particelle *beta*, convertita in radiazioni elettromagnetiche di *Bremsstrahlung*, espressa in Roentgen / hr.

Lo *Z_{effettivo}* per i tessuti molli vale circa 3.

Lo *Z_{effettivo}* per il Piombo vale circa 11.

Meno dell'1% delle radiazioni *beta*, attraversanti tessuti molli, dissipa l'energia sotto forma di emissione X da *Bremsstrahlung*.

Calcolo della dose *Beta*, in aria, per **Gadolinio 159**

Per il calcolo della dose *beta*, è utile ricordare che la dose stimata, a 30 cm di distanza da sorgente *beta* puntiforme, è ottenibile tramite la seguente formula pratica (tabella 22.32):

$$\text{RAD/hr} = 200 \times \text{Ci} \times E$$

Tratto da: Pastore G., *Manuale di Tecnica Curieterapica*, Piccin Editore Padova, pag. 135, 1981

Dove:

Ci = Curie

E = energia media della sorgente in MeV, pari a circa 1/3 dell'energia massima espressa in MeV.

Per il Gadolinio 159 è stata stimata 0,305 MeV.

Nel caso del Gadolinio 159, si può pertanto affermare che **0,1** Curie di esso, a **30 cm** di distanza espone ad una dose di: $200 \times 1 \times 0,03 = 6$ RAD/hr

Nota importante: Dosimetro personale elettronico

Deve servire come dispositivo per la misurazione locale di radiazioni elettromagnetiche (radiazioni X e *gamma*) e di elettroni energetici (radiazioni *beta*), ad uso strettamente personale. Lo strumento deve presentare le seguenti caratteristiche:

- 1). Deve garantire le medesime funzioni comuni dei dosimetri tradizionali di allarme personale, tipo dosimetri termoluminescenti (TLD), generalmente selezionati su gamme di energie fotoniche ben definite (240 keV, 662 keV, e altro...).
- 2). Deve garantire una lettura in tempo reale della Dose Accumulata, profonda e superficiale, espressa in **mR** accumulati fino a questo momento (vedi punti 4 e 5).
- 3). Deve garantire una lettura in tempo reale dei valori di intensità di dose profonda e superficiale **mR/hr** (vedi punti 4 e 5).
- 4). Deve garantire la misurazione e il calcolo della quantità di *Dose individuale penetrante*, misurabile oltre il primo mezzo centimetro di tessuto molle, e dovuta a raggi X e *gamma* di media ed elevata energia (Dose profonda) da un minimo di 20-30 keV, ad un massimo di 4-5 MeV.
- 5). Deve garantire la misurazione e il calcolo della quantità di *Dose individuale superficiale*, possibilmente misurabile tra 0,1 e 0,5 cm di tessuto molle, e dovuta a raggi *beta*, e a fotoni X o *gamma* di bassa energia, da un minimo di 70 keV, ad un massimo di 2 MeV.
- 6). Deve misurare da un minimo di 0,1mR/hr a diverse decine di R/hr.
- 7). I dati di dose devono essere salvati ogni 10-30 minuti, per essere memorizzati.
- 8). Gli allarmi ottici o acustici devono essere programmati a scelta dell'operatore sia in merito alla Dose di Accumulo (**mR** accumulati fino a questo momento), sia in merito alla intensità di Dose (**mR/hr**).
- 9). *Se possibile*, deve garantire un funzionamento accettabile anche in presenza di gradienti di campo magnetico elevati.

BIBLIOGRAFIA

1. Giuseppe Nacci “*Krsko. Radiazioni Nucleari e Protezione Civile a Trieste*” 1989, (disponibile gratis su www.lavocedifiore).
2. Walter Cassani “*Albert aveva ragione: Dio non gioca a dadi*, edizioni Pendragon, Bologna, Demetra s.r.l., Colognola ai Colli, VR
3. Fleischmann M. and Pons S.: *Electrochemically induced nuclear fusion of Deuterium*, J. Electroanal. Chem., 261, 1989, pag. 301.
4. Roberto Germano, “*Fusione Fredda. Moderna Storia d’Inquisizione e di Alchimia*”, Bibliopolis, edizioni di Filosofia e Scienze, Napoli, Via Arangio Ruiz 83.
5. tratto da Roberto Germano, “*Fusione Fredda. Moderna Storia d’Inquisizione e di Alchimia*”, Bibliopolis, edizioni di Filosofia e Scienze, Napoli, Via Arangio Ruiz 83, pag. 111.
6. tratto da Roberto Germano, “*Fusione Fredda. Moderna Storia d’Inquisizione e di Alchimia*”, Bibliopolis, edizioni di Filosofia e Scienze, Napoli, Via Arangio Ruiz 83, pag. 107.
7. tratto da Roberto Germano, “*Fusione Fredda. Moderna Storia d’Inquisizione e di Alchimia*”, Bibliopolis, edizioni di Filosofia e Scienze, Napoli, Via Arangio Ruiz 83, pag. 108.
8. tratto da Roberto Germano, “*Fusione Fredda. Moderna Storia d’Inquisizione e di Alchimia*”, Bibliopolis, edizioni di Filosofia e Scienze, Napoli, Via Arangio Ruiz 83, pag. 44.
9. Scaramuzzi F.: *Proc. of the Second Annual Conference on Cold Fusion*, Como, Italy, June 29- July 4, 1991. “The Science of Cold Fusion”, Vol. 33, Società Italiana di Fisica, pp. 445.
10. Scaramuzzi F.: *Proc. of the Third Annual Conference on Cold Fusion*, Nagoya, Japan, October 21-25, 1992. “Frontiers of Cold Fusion”, H. Ikegami Ed., pp. 353.
11. Bardies M., *Absorbed doses for internal radiotherapy from 22 beta-emitting radionuclides: beta dosimetry of small spheres*, “Phys. Med. Biol.”, 39, pp. 961-981, 1994.
12. Berger MJ., *Energy Deposition in Water by Photons from Point Isotropic Sources*, M.I.R.D., Pamphlet n.2, Supp. n.1 New York, “The Society of Nuclear Medicine”, 1968.

13. Berger MJ., *Distribution of Absorbed Dose Around Point Sources of Electrons and Beta Particles in Water and Other Media*, M.I.R.D., Pamphlet No.7, Washington, "National Bureau of Standards", 1971.
14. Bistolfi F., "*La Cronobiodose in Radioterapia*", Ed. Piccin, Padova, 1967.
15. Chabot G.E., *Beta-Gamma Point Source on the Skin Problem-Activity Estimation and Dose Analysis*, "Health Physics", Vol 55, No.5, pp. 729-739, 1988.
16. Fower, *Radiobiological aspects of low dose rates in radioimmunotherapy*, "Int. J. Radiat. Oncology Biol. Phys.", 18, pp. 1261-1269, 1990.
17. I.C.R.P., "*Internat. Commission on Radiological Protection*", Pergamon Press, Oxford, 1979
18. I.C.R.P., "*Report of a task Group of Committee 1*", pp 38, *The biological basis for dose Limitation in the Skin*
19. Mongioj V., In: Buraggi, "*Progressi della Medicina Nucleare in Oncologia*", Clas international, pp.360-362, 1994.
20. Orton C.G., "*Dosimetria delle Radiazioni. Aspetti fisici e biologici*", Editore Ulrico Hoepli, Milano, pp.41.
21. Rao D.V., *Time-Dose-Fractionation in Radioimmunotherapy: implications for Selecting Radionuclides*, "Journal Nuclear Medicine", 34, pp. 1801-1810, 1993.
22. Snyder W.S., *Estimates of Specific Absorbed Fractions for Photon Sources Uniformly Distributed in Various Organs of a Heterogeneous Phantom*, M.I.R.D., Pamphlet No. 5, New York, "Society of Nuclear Medicine", 1978.
23. Witten, *Erythema effects of a pure beta emitter on human skin*, "J. Invest. Dermatol.", 23, pp. 271-285, 1954.

Biografia dell'Autore

Giuseppe Nacci nasce a Trieste nel 1964. Laureatosi in Medicina e Chirurgia a Trieste nel 1991, si specializza successivamente in Medicina Nucleare presso l'Università di Milano. Nel 2000 pubblica il libro *“La Terapia dei Tumori con Gadolinio 159 in Risonanza Magnetica Nucleare”*, in vista di un possibile impiego dell'isotopo radioattivo in Adroterapia, e di cui ottiene il Brevetto di produzione per la molecola Gadolinio 159-Biotina (No. 01313103).

Ma la Vita è mutevole nei suoi accadimenti, e nel 2001 vicende improvvise e drammatiche lo costringono a rivedere completamente le proprie cognizioni di MEDICINA, portandolo su un nuovo e diverso percorso, che lo obbliga a dieci lunghi anni di studio nel campo della BOTANICA, e più precisamente nell'impiego delle Piante Medicinali FRESCHE per indurre l'Apoptosi nelle cellule umane tumorali maligne, caratterizzate, come noto, da Aberrazioni cromosomiche (mutazioni genetiche).

L'esperienza medica sul campo, presso un piccolo ambulatorio privato di Trieste, benchè arricchita nel 2007 dalla pubblicazione del libro *“Diventa Medico di Te Stesso”* della “Editoriale Programma” di Treviso, si conclude nell'Aprile del 2011, quando il dott. Giuseppe Nacci cessa di prendere in cura pazienti, a seguito dell'entrata in vigore, dal primo Maggio 2011, delle nuove leggi dell'Unione Europea che proibiscono, da allora, proprio l'uso terapeutico delle Piante Medicinali FRESCHE.

Rimangono così due libri di questa lunga e sofferta esperienza “sul campo”: *“Guariti dal Cancro senza Chemio: 23 casi clinici documentati di guarigione”* e *“Cancer Therapy: 23 Clinical Cases of Malignant Tumours cured without Chemo-Therapy”*, entrambi pubblicati dalla “Editoriale Programma” di Treviso, accanto ad un libro sulla minaccia rappresentata in tutto il mondo dalle centrali nucleari (*“Centrali nucleari: Chernobyl, Krsko, Fukushima. Conoscere il passato per preservare il futuro”*), e un libro sul diabete (*“Come affrontare il Diabete”*), anche questi pubblicati presso la “Editoriale Programma” di Treviso.

Dal 2013 riprende i suoi vecchi studi di Geologia, di Astronomia e di Greco antico, che aveva purtroppo trascurato dopo i tempi del Liceo e dell'Università, affrontando così il grande mistero dell'ATLANTIDE, analizzato però dal punto di vista scientifico, e di cui è uscito nel 2018, sempre presso la “Editoriale Programma” di Treviso, il primo dei cinque libri previsti sull'argomento: *“L'Ultima Guerra di Atlantide, Vol. Primo: il Mondo Perduto”*, 364 pagg).

Nel Maggio 2020 ha pubblicato il libro *Primo Maggio 2011, la lunga Notte* (90 pagine), scaricabile gratuitamente da INTERNET (www.pieronuciari.it/wp/dott-giuseppe-nacci), anche in versione inglese (*First May 2011, the long Night*).

Biography of Author

Giuseppe Nacci was born in Trieste in 1964. He achieved his medical Degree in Trieste in 1991 and later specialised in Nuclear Medicine at the University of Milano. In 2000 He published the Book “*La Terapia dei Tumori con Gadolinio 159 in Risonanza Magnetica Nucleare*”, with a view to a possible Use of the Radioisotope in Adro-Therapy. He also obtained the Patent for molecule Gadolinium 159-Biotin (No. 01313103).

But Life is ever-changing, and in 2001 sudden, tragic Events forced him to rethink completely his own Knowledge of MEDICINE, steering him to a new, different Path.

He spent ten long Years studying BOTANY, and more specifically the Use of FRESH medicinal Plants in Apoptosis induction in human malignant cancer Cells, which are characterised by chromosome Aberrations (genetic mutations).

He honed his medical Skills on the Field, at a small private Clinic in Trieste, but, although He enriched his Curriculum in 2007 with his Book “*Diventa Medico di Te Stesso*”, published by “Editoriale Programma” from Treviso, his practice came to an End in April 2011, when Dr. Giuseppe Nacci stopped seeing Patients, as the new EU Regulations forbidding therapeutic Use of FRESH medicinal Plants came into Effect on the First May 2011.

This long, tormented “on the field” Experience begot two Books: “*Guariti dal Cancro senza Chemio: 23 casi clinici documentati di guarigione*” and “*Cancer Therapy: 23 clinical Cases of malignant Tumours cured without Chemo-Therapy*”, Books published by “Editoriale Programma” from Treviso, beside a Book on the worldwide Threat of nuclear power Stations (“*Centrali nucleari: Chernobyl, Krsko, Fukushima, e dopo. Conoscere il passato per preservare il futuro*”, and a Book on Diabetes (“*Come affrontare il Diabete*”), which were also published by “Editoriale Programma” in Treviso.

In 2013 He resumed his Studies in Geology, Astronomy and ancient Greek, which He had unfortunately neglected after Secondary School and University, thus tackling the great Mystery of ATLANTIS from a scientific Point of View. “Editoriale Programma” from Treviso published in 2018 the first of five Books on the Topic: “*L’Ultima Guerra di Atlantide, Vol. Primo: il Mondo Perduto*”, 364 pages).

In May 2020 He has published the E-BOOK in ITALIANO *Primo Maggio 2011, la lunga Notte* (90 pagine), and in ENGLISH (*First May 2011, the long Night*), free available from INTERNET (www.pieronuciari.it/wp/dott-giuseppe-nacci).

Biographie von Author

Giuseppe Nacci wurde 1964 in Triest geboren. Nach seinem Studienabschluss in Medizin und Chirurgie 1991 in Triest spezialisierte er sich anschliessend an der Universitat Mailand auf dem Gebiet der Nuklearmedizin.

Im Jahr 2000 veröffentlicht Dr. Nacci sein Buch *“La Terapia dei Tumori con Gadolinio 159 in Risonanza Magnetica Nucleare”*, im Hinblick auf einen möglichen Einsatz des radioaktiven Isotops in der Hadronen-Therapie, wofür er das Herstellungspatent für das Molekül Gadolinium 159-Biotin erwirbt (No. 01313103).

Das Leben gestaltet sich jedoch oft eigenwillig und 2001 zwingen ihn unvorhergesehene und dramatische Ereignisse, seine Auffassung von MEDIZIN vollständig zu überdenken und lassen ihn einen neuen, völlig anderen Weg einschlagen. Die nächsten 10 Jahre widmet er sich intensiv dem Studium der BOTANIK, im Speziellen untersucht er den Einsatz von FRISCHEN Heilpflanzen, die eine Apoptose von bösartigen Krebszellen beim Menschen einleiten. Letztere sind bekanntermassen von Veränderungen der Chromosomen (Genmutation) gekennzeichnet.

Seine medizinische Erfahrung auf diesem Gebiet, die er in seiner kleinen Privatpraxis in Triest weitergibt und die 2007 durch die Veröffentlichung von *“Diventa Medico di Te Stesso”* beim Verlag *“Editoriale Programma”* in Treviso zusätzlich bereichert wird, geht jedoch zu Ende, als Dr. Nacci im April 2011 die Patientenbetreuung aufgeben muss, nachdem neue EU-Gesetze ab 1. Mai 2011 den therapeutischen Einsatz von FRISCHEN Heilpflanzen verbieten. Zwei Bücher zeugen dennoch von dieser langen und hart erkämpften Erfahrung in diesem Bereich: *“Guariti dal Cancro senza Chemio: 23 casi clinici documentati di guarigione”* und *“Cancer Therapy: 23 Clinical Cases of Malignant Tumours cured without Chemo-Therapy”*, beide erschienen im Verlag *“Editoriale Programma”*.

Ausserdem bringt derselbe Verlag zwei weitere seiner Bücher heraus: Ein Buch über die weltweite Bedrohung durch Atomkraftwerke (*“Centrali nucleari: Chernobyl, Krsko, Fukushima, e dopo. Conoscere il passato per preservare il futuro”*), und eine Publikation zum Thema Diabetes (*“Come affrontare il Diabete”*).

Ab 2013 nimmt Dr. Nacci seine seit Universitäts und Gymnasialzeiten leider vernachlässigten Studien der Geologie, Astronomie und des Altgriechischen wieder auf und befasst sich nun mit dem grossen Mysterium von ATLANTIS, wobei er es vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus analysiert.

Dazu ist kürzlich wieder bei dem genannten Verlag das erste von fünf zu diesem Thema vorgesehenen Büchern erschienen: *“L’Ultima Guerra di Atlantide, Vol. Primo: il Mondo Perduto”*, 364 S.).

Im Jahr 2020 veröffentlicht Dr. Nacci sein Buch *Primo Maggio 2011, la lunga Notte* (90 pagine), auch in ENGLISH (*First May 2011, the long Night*). AVAILABLE GRATIS from INTERNET (www.pieronuciari.it/wp/dott-giuseppe-nacci).

DUTCH. Biografie van Auteur

Giuseppe Nacci is in 1964 geboren. In 1991 studeert hij aan de Universiteit van Trieste af in geneeskunde en volgt dan de opleiding medisch specialist in nucleaire geneeskunde aan de Universiteit van Milaan. In 2000 publiceert hij het boek “*La Terapia dei Tumori con Gadolinio 159 in Risonanza Magnetica Nucleare*”, met het doel deze radioactieve isotoop in Hadron-Therapie te gebruiken. Hij vervolgens octrooi op de productie van Gadolinium 159-Biotine (No. 01313103).

In 2001 wordt hij door plotselinge en dramatische gebeurtenissen genoopt zijn MEDISCHE kennis te herzien, om een nieuw en ander parcours in te slaan.

Hij studeert dan tien jaar lang BOTANICA, waarbij hij zich vooral richt op het gebruik van VERSE medicinale planten om Apoptose te veroorzaken in kwaadaardige kankercellen, die door chromosoomafwijkingen gekenmerkt worden.

Op dit gebied doet hij ervaring op in een particuliere artspraktijk in Trieste, wat onder meer in 2007 uitmondt in de publicatie van het boek “*Diventa Medico di Te Stesso*”, uitgebracht door “Editoriale Programma” in Treviso.

In April 2011 houdt dokter Giuseppe Nacci op met patientenzorg, omdat er in de Europese Unie nieuwe wetten in werking zijn getreden die het gebruik van VERSE medicinale planten verbieden. Van zijn lange ervaring op dit gebied blijven er hoe dan ook twee boeken over: “*Guariti dal Cancro senza Chemio: 23 casi clinici documentati di guarigione*” en “*Cancer Therapy: 23 Clinical Cases of Malignant Tumours cured without Chemo-Therapy*”, die beide zijn uitgebracht door “Editoriale Programma” in Treviso. Ook heeft hij een boek gepubliceerd over de dreiging die in de hele wereld uitgaat van kerncentrales (“*Centrali nucleari: Chernobyl, Krsko, Fukushima, e dopo. Conoscere il passato per preservare il futuro*”), alsook een boek over diabetes (“*Come affrontare il Diabete*”), die eveneens bij “Editoriale Programma” in Treviso zijn gepubliceerd.

Sinds 2018 hervat hij de studie van Geologie, Astronomie en Oud-Grieks: vakken die hij helaas had verwaarloosd sedert de Universiteit en het Lyceum. Dit heeft hem ertoe gebracht het oude mysterie van ATLANTIS aan te snijden, met een analyse vanuit een wetenschappelijke invalshoek.

Zojuist is bij “Editoriale Programma” het eerste boek uitgebracht van de vijf over dit onderwerp geplande boeken: “*L’Ultima Guerra di Atlantide, Vol. Primo: il Mondo Perduto*”, 364 pages).

In May 2020 publiceert hij het boek en ITALIANO *Primo Maggio 2011, la lunga Notte* (90 pagine), een in ENGLISH (*First May 2011, the long Night*), twee boeken free available from INTERNET (www.pieronuciari.it/wp/dott-giuseppe-nacci).

FINE SECONDA PARTE