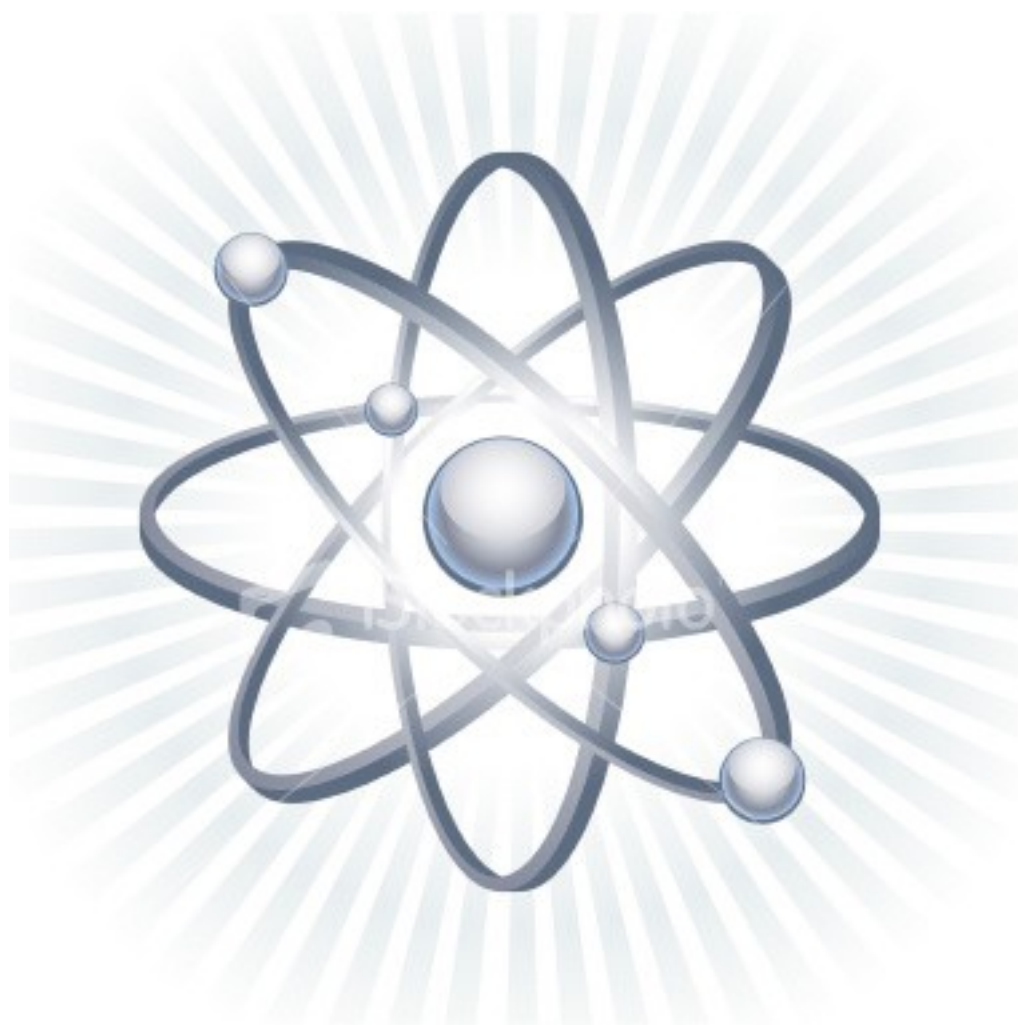


Applicazioni dell'atomo tra potenzialità e paure



*Benetti Giovanni
Classe 5mb
Anno scolastico 2007/08
Liceo Scientifico "Niccolò Tron" - Schio*

Indice

1. Premessa	p. 1
2. Chimica – Fisica: le particelle subatomiche	p. 3
2.1: Storia della conoscenza dell'atomo	p. 4
2.2: La materia	p. 5
2.3: Le molecole	p. 5
2.4: L'atomo	p. 5
2.5: La struttura del nucleo: i quark	p. 6
2.6: La corrispondenza massa-energia	p. 8
2.7: Decadimenti radioattivi	p. 8
2.8: La velocità di decadimento	p. 9
2.9: Meccanismo delle reazioni nucleari artificiali	p. 9
2.10: La fissione nucleare	p. 10
2.10.1: I reattori nucleari a fissione	p. 11
2.11: La fusione nucleare	p. 13
2.11.1: La fusione a freddo	p. 14
3. Biologia: La pet-tac e la radioterapia	p. 15
3.1: La medicina nucleare	p. 16
3.2: La tomografia ad emissione di positroni	p. 16
3.2.1 Come funziona	p. 16
3.2.2 Come viene applicata	p. 18
3.3: La Radioterapia	p. 19
3.3.1: Come funziona	p. 19
3.3.2: Come viene applicata	p. 19
3.3.3: Classificazione e utilizzi	p. 20
4. Letteratura italiana: Italo Svevo e <i>La coscienza di Zeno</i>	p. 21
5. Letteratura inglese: The Weapon di Fredric Brown	p. 26
6. Bibliografia e Sitografia	p. 29

1 PREMESSA

Ho scelto questo argomento per la tesina perché mi incuriosiscono molto le strutture elementari della materia e le modalità con cui queste particelle si aggregano per formare il mondo di cui facciamo parte e per formare anche noi stessi. Posso dire che, addentrandomi nell'argomento, ho risolto molti dubbi riguardo al modello atomico solitamente noto, ma altrettanti dubbi mi sono scaturiti riguardo al funzionamento di particelle infinitesimali quali i quark.

Un altro motivo di interesse è stato l'accesissimo dibattito attivo ormai da molti anni riguardo la sicurezza delle centrali nucleari e lo smaltimento delle sostanze radioattive, come le scorie provenienti dalla fissione o le centrali dismesse. Seguendo questo dibattito è inevitabile rilevare i vantaggi e gli svantaggi dell'energia atomica da fissione e le varie correnti di pensiero. Infatti c'è una grande preoccupazione riguardo a questo tipo di energia e vi sono molte opinioni diverse sulla convenienza sia a livello economico che ambientale. Bisogna ammettere che, considerando tutti gli eventi legati al rispetto della natura, si profila un futuro inquietante se questa tecnologia non verrà gradualmente abbandonata.

Di grande interesse sono stati anche gli utilizzi in campo medico e biologico delle scoperte atomiche, a partire dalle apparecchiature ospedaliere come la PET (Tomografia ad emissione di positroni) dove gli atomi radioattivi vengono utilizzati come traccianti, alla cura delle cellule cancerose grazie agli isotopi radioattivi cioè tramite la radioterapia.

Non di minore rilevanza sono infine le paure, spesso inconsce, che numerosi personaggi hanno provato rispetto a tecnologie difficilmente comprensibili senza conoscenze molto ampie e approfondite. Queste sono paure provate non solo per il difficile controllo di queste reazioni ma soprattutto per il possibile utilizzo per fini malvagi di queste tecnologie. Nella letteratura italiana, infatti, vi sono molteplici testimonianze di queste paure, a partire da una previsione di Svevo fino ad arrivare alla concezione di arma di distruzione di massa di Montale. Similmente in letteratura inglese vi sono degli interessantissimi testi, che ruotano attorno al timore per la creazione di armi potentissime, come raccontato da Frederic Brows nella sua storiella "The Weapon". Questo approccio è condiviso da quanti, nel dibattito odierno sostengono il bando del nucleare, e conoscerlo è essenziale per comprendere a fondo le scelte, a partire da quella del referendum dell'87 con il quale è stato arrestato lo sviluppo di questa tecnologia in Italia. Dopotutto, sebbene sia diffuso il luogo comune che l'energia nucleare sia economicamente vantaggiosa, ciò non è supportato da nessuno studio scientifico. Questa è solo una delle illusioni con cui si tenta di trovare scorciatoie per la soluzione dei problemi energetici: spesso, purtroppo, non ci rendiamo conto che l'energia da fissione nucleare pulita, sicura ed economica che ci viene presentata non è altro che un'utopia le cui più grandi lacune ambientali ed economiche sono state nascoste.

Chimica / Fisica:

**Le particelle
subatomiche**

2.1 STORIA DELLA CONOSCENZA DELL'ATOMO:

John Dalton: nel 1803 tenta di descrivere con una teoria la struttura atomica della materia, formulando le seguenti leggi:

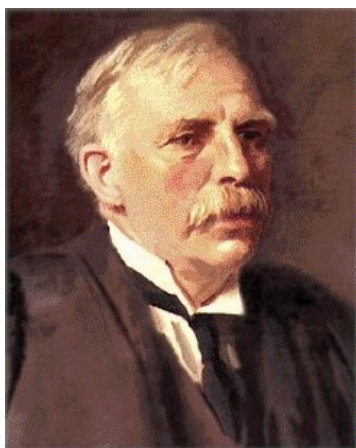
1. La materia è formata da piccolissime particelle indivisibili e indistruttibili chiamate atomi.
2. Tutti gli atomi di uno stesso elemento sono identici e hanno la stessa massa.
3. L'atomo di un elemento non può essere trasformato nell'atomo di altri elementi.
4. Gli atomi di un elemento si legano agli atomi di altri elementi solo per numeri interi (ad esempio, l'ossigeno per formare l'acqua si lega con due atomi di idrogeno e non con un atomo e un altro mezzo atomo).
5. Gli atomi non possono essere né creati né distrutti: essi si trasferiscono interi da un composto ad un altro.

I più clamorosi errori di questa teoria atomica sono il fatto di considerare l'atomo come una microscopica sfera completamente piena e indivisibile. Infatti esso non è né indivisibile, ed è quasi interamente vuoto.



John Dalton

Joseph John Thomson: deduce che i raggi catodici sono composti da particelle di carica negativa, che chiama corpuscoli, e che oggi sono noti come elettroni. Immagina inoltre che queste particelle siano dei costituenti dell'atomo.



Ernest Rutherford

Ernest Rutherford: allievo di Thomson, dimostra che la radioattività è la spontanea disintegrazione degli atomi, e nota che la velocità di decadimento delle sostanze segue un andamento esponenziale. Scopre l'esistenza del nucleo atomico dove è relegata la carica positiva, e la massa dell'atomo, e riesce a trasmutare un elemento chimico in un altro ($^{14}\text{Azoto}$ in $^{17}\text{Ossigeno}$).

Niels Henrik David Bohr: in base alle teorie di Rutherford, pubblica il suo modello della struttura atomica introducendo la teoria degli elettroni che viaggiano in orbite ben definite, che corrispondono ai diversi stadi di energia intorno al nucleo dell'atomo. Bohr, inoltre, introduce l'idea che un elettrone potrebbe cadere da un'orbita di alta energia a una con energia più bassa, emettendo un fotone di energia discreta.

James Chadwick: scopre, durante degli esperimenti in collaborazione con

Rutherford, l'esistenza del neutrone. Collabora alla creazione delle prime bombe nucleari.

Carl David Anderson: nel 1932 scopre l'esistenza dell'elettrone positivo o positrone (e^+) cioè la corrispettiva antimateria dell'elettrone (e^-). Ipotizza che anche per i protoni esistano delle particelle "associate", con simili caratteristiche ma con carica opposta.

Owen Chamberlain ed Emilio Gino Segrè : dimostrano l'esistenza degli antiprotoni, con massa uguale ai protoni ma carica opposta. Queste particelle vengono notate all'interno dei grandi acceleratori.



Owen Chamberlain

Murray Gell-Mann: Nel 1964 afferma che neutroni e protoni sono per la maggior parte spazio vuoto e sono formati da componenti ancora più piccole, i quark. Definisce inoltre la carica, lo spin e la stranezza del quark e collabora per sviluppare molte teorie fisiche, prima tra tutte la Cromodinamica Quantistica (QCD) che studia le interazioni tra quark e gluoni (forza nucleare forte).

2.2 LA MATERIA

Già i primi grandi pensatori si sono posti degli interrogativi per quanto riguarda la divisibilità della materia, ovvero si sono chiesti fino a che livello infinitesimale le sostanze mantengono le loro caratteristiche peculiari. Alcune ipotesi seguite alla pubblicazione dell'idea dell'atomo di Bohr, ipotizzarono che la materia fosse formata da conglomerati di atomi. Questi assemblamenti, di cui oggi è stata dimostrata l'esistenza, sono chiamati molecole.

2.3 LE MOLECOLE

Tutto il mondo che ci circonda è formato da molecole, cioè da atomi legati tra loro. Infatti la molecola è, per definizione, la più piccola unità strutturale di un composto chimico non ionico che può esistere allo stato libero e che ne mantiene le medesime proprietà chimiche. Nell'immagine a lato è rappresentata la struttura di una molecola di saccarosio, dove le sferette rappresentano gli atomi e i cilindri rappresentano i legami tra atomi. Si può facilmente notare che, per costituire questa molecola, sono necessari solo tre tipi di atomi, quelli grigi (carbonio), quelli rossi (ossigeno) e quelli bianchi (idrogeno). Le molecole neutre subiscono interazione tra loro secondo la legge di gravitazione di ampiezza rilevante solamente quando vi sono grandi quantità di materia, mentre quelle polari o non neutre subiscono anche forze di natura elettrica. All'interno delle molecole le forze tra atomi sono di natura strettamente elettromagnetica.

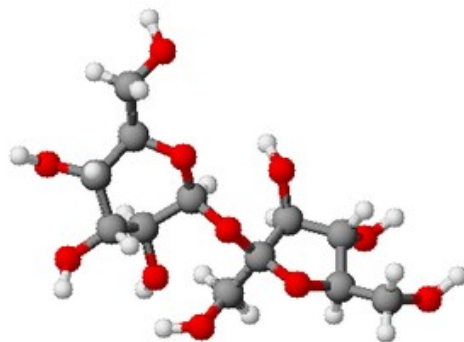
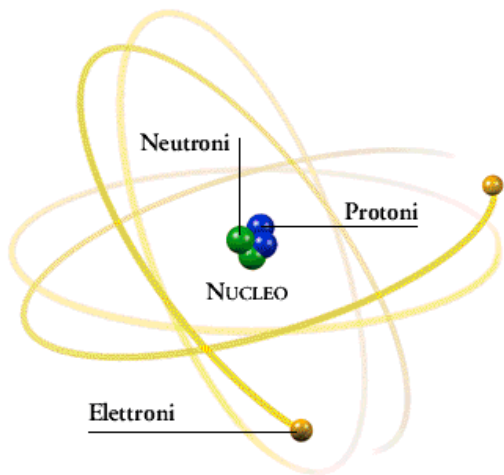


Illustrazione 1: Molecola di saccarosio

2.4 L'ATOMO



L'atomo è composto da un nucleo carico positivamente e da un certo numero di elettroni, carichi negativamente, che gli vibrano attorno senza un'orbita precisa (l'elettrone si dice infatti delocalizzato), nei cosiddetti gusci elettronici, ovvero il volume dove è massima (90%) la probabilità di presenza dell'elettrone. Gli elettroni sono classificati nel gruppo dei leptoni, particelle elementari con massa scarsissima. Il nucleo è composto da protoni, che sono particelle cariche positivamente, e da neutroni, che sono particelle prive di carica: protoni e neutroni sono detti nucleoni, mentre il nucleo è genericamente chiamato nuclide. In proporzione, se si considera il nucleo grande come una mela, gli elettroni gli ruotano attorno ad una

distanza pari a circa un chilometro; viceversa un nucleone ha massa quasi 1800 volte superiore a quella di un elettrone. La forza che lega l'elettrone al suo nucleo è di natura elettromagnetica in quanto nucleo ed elettroni sono di cariche opposte e quindi si attraggono. L'immagine riportata a lato è una rappresentazione esplicativa fuori scala della struttura dell'atomo di elio, composto da due neutroni (verdi), due protoni (blu) e da due elettroni.

Classificazione degli atomi:

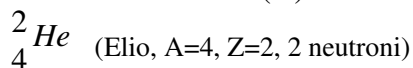
Ogni atomo è caratterizzato da due parametri specifici:

- Numero di massa (A): la somma del numero di neutroni e protoni nel nucleo.
- Numero atomico (Z): il numero dei protoni nel nucleo, che corrisponde al numero di elettroni esterni ad esso. Determina caratteristiche chimiche ben precise: per questo il numero atomico determina anche il nome della sostanza.

Per ricavare il numero dei neutroni si sottrae al numero di massa il numero atomico.

Sinteticamente gli atomi vengono rappresentati da una sigla indicante il nome, preceduta in apice

dal numero di massa (A) e in Pedice dal numero atomico (Z), come nell'esempio riportato.



Spesso in questa notazione schematica viene tralasciato il numero atomico in quanto è già identificato con la sigla dell'atomo.

Due atomi possono differire anche nell'avere numero atomico uguale, ma diverso numero di massa: simili atomi sono detti isotopi ed hanno medesime proprietà chimiche. Un esempio di ciò è l'atomo di idrogeno: in natura è presente per lo più formato da un protone ed un elettrone. Vi è però, in minore quantità, anche il deuterio che è formato da un protone, un neutrone ed un elettrone (con esso si forma l'acqua pesante) e il trizio (estremamente raro) formato da un protone, due neutroni ed un elettrone. Chimicamente, idrogeno, deuterio e trizio hanno però identiche proprietà.

2.5 LA STRUTTURA DEL NUCLEO: I QUARK

Dopo aver spiegato come facessero gli elettroni ad essere “legati” al nucleo, gli scienziati si posero subito il problema di come facessero invece i protoni a rimanere segregati in uno spazio così ridotto, pur avendo carica dello stesso segno. A questa domanda fu data risposta da Hideki Yukawa che riuscì ad identificare una forza che si oppone alla forza repulsiva elettrica, spiegata completamente solo con l'introduzione dei quark. Infatti, nel 1964 Murray Gell-Mann rivoluzionò ulteriormente l'idea di nucleo atomico dimostrando l'esistenza di particelle costituenti i protoni e i neutroni. In particolare Murray affermò che i protoni e i neutroni sono formati da tre particelle elementari chiamate quark. Nella vita comune vi sono solo due tipi di quark:

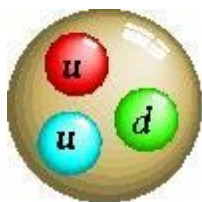


Illustrazione 2:
Protone

- up (carica elettrica +2/3)
- down (carica elettrica -1/3)

Com'è illustrato nel disegno a fianco i protoni sono formati da 2 quark up e 1 quark down (carica totale = +1), mentre i neutroni sono formati da 1 quark up e 2 quark down (carica totale nulla).

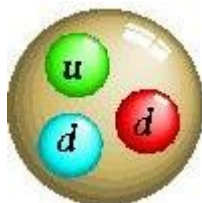


Illustrazione 3:
Neutrone

Il disegno indica inoltre un'altra caratteristica dei quark: il colore che può essere “rosso” “verde” o “blu”. Questa caratteristica non ha nulla a che vedere con il colore inteso dal punto di vista ottico, ma viene chiamata così per comodità. Il modo in cui queste proprietà fanno interagire i quark è studiato dalla Cromodinamica Quantistica, e determina la forza nucleare forte che lega il nucleo.

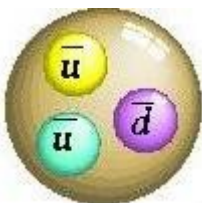


Illustrazione 4:
Antiprotone

Sperimentalmente è stato dimostrato che per ogni quark o leptone esiste la corrispondente antimateria, che ha carica opposta e, solo nei quark, il colore complementare. Sinteticamente ogni elemento di antimateria viene indicato con l'elemento della materia corrispondente sovrastato da una lineetta (se nella notazione sintetica non è evidenziata la carica) o viene semplicemente cambiato il segno della carica. Non appena un elemento di materia viene posto a contatto al suo corrispettivo di antimateria si verifica un'annichilazione nella quale entrambe le particelle scompaiono e si trasformano in energia secondo l'equazione di Einstein

$E=mc^2$ dove c è la velocità della luce nel vuoto (circa $3 \cdot 10^8$ m/s)

Ugualmente può avvenire la “creazione di materia” a partire da energia in casi eccezionali come durante il Big Bang.

Tutte le particelle composte da quark vengono attualmente classificate come adroni e, quelle che compongono la nostra realtà quotidiana, possono essere composte da 2 o 3 quark. Da ricerche svolte riguardo la Cromodinamica Quantistica è emerso che, perché una particella possa rimanere legata il colore complessivo dei quark deve essere bianco. Ecco le varie possibili combinazioni di quark.

- Mesone (2 quark), colore + anticolore = bianco
- Barione o Nucleone (3 quark), rosso + verde + blu = bianco

E' stato rilevato inoltre un secondo leptone chiamato neutrino elettronico (ν), che possiede carica elettrica nulla e massa scarsissima. Per queste sue proprietà è particolarmente restio ad interagire e difficilmente osservabile. Basti pensare che di tutti i neutrini provenienti dallo spazio diretti verso la terra quasi nessuno interagisce con questa, ma quasi tutti la oltrepassano semplicemente. E' stato calcolato che, per bloccare solo la metà dei neutrini elettronici che giungono in una determinata zona, è necessario uno spessore di piombo di un anno luce ($9,46 \cdot 10^{15}$ m)!! Si consideri che un anno luce corrisponde a 63241 volte la distanza terra-sole.

Possiamo così riassumere le particelle che costituiscono la nostra materia:

QUARK	LEPTONI
<ul style="list-style-type: none"> ● Up (+2/3) ● Down (-1/3) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Elettroni (-1) ● Neutrino elettronico (0)

All'interno di grandi acceleratori di particelle, zone in cui è possibile trovare grandi quantità di energia, sono state rilevate per frazioni di secondi altre particelle elementari. Tuttavia queste particelle non sono stabili in quanto necessitano di una grande quantità di energia per mantenersi. Le nuove particelle sono state chiamate di 2^a e 3^a generazione, distinguendole così da quelle già scoperte di 1^a generazione.

Ecco un breve elenco di particelle ad alta e altissima energia:

QUARK	LEPTONI
PARTICELLE NELLO STATO DI ALTA ENERGIA O 2 ^a GENERAZIONE	
<ul style="list-style-type: none"> ● Charm (+2/3) ● Strange (-1/3) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Muone (-1) ● Neutrino muonico
PARTICELLE NELLO STATO DI ALTISSIMA ENERGIA O 3 ^a GENERAZIONE	
<ul style="list-style-type: none"> ● Top (+2/3) ● Bottom (-1/3) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Tau (-1) ● Neutrino tauonico (0)

Calcolando la massa di queste particelle si è osservato che viene ancora conservata l'equazione di Einstein ($E=mc^2$). Infatti un quark top ha una massa di 174300MeV, contro i 2,5MeV medi del quark up!!

Grazie a queste particelle elementari, si posso creare più composti adronici, ecco un breve elenco:

NOME ADRONE	SE SOLO CON QUARK 1° GEN	N° QUARK
Mesoni	Mesoni	2
Iperoni	Barione o Nucleone	3
Tetraquark	(Non esistente)	4
Pentaquark	(Non esistente)	5

La materia formata con quark della 2^a e 3^a generazione è tuttavia troppo complessa per essere analizzata in una trattazione sintetica dell'argomento e verrà per questo tralasciata, a favore di quella a livello energetico normale.

2.6 LA CORRISPONDENZA MASSA - ENERGIA

Descritta per la prima volta da Einstein, l'equazione $E=mc^2$ risulta comoda per quantificare l'energia nei fenomeni di livello microscopico. Come già trattato, essa può venire utilizzata per stabilire l'energia proveniente dall'annichilazione di una porzione di materia e la corrispettiva antimateria.

Essendo c^2 un numero molto grande, nel mondo quotidiano l'energia immagazzinata nella massa di un sistema supera di gran lunga tutte le altre energie cinetiche o potenziali. In questo modo possiamo considerare la variazione di energia tra un corpo in movimento e quella di un corpo in quiete nulla, approssimando una massa costante tra le due situazioni. A livello atomico invece l'energia dovuta alla massa di un neutrone è paragonabile all'energia potenziale quando questo si trova all'interno di un nucleo. Essendo l'equazione $E=mc^2$ sempre valida, ed essendo c^2 costante, i nucleoni avranno masse diverse se si trovano distanti tra loro, o legati in un nucleo. Calcolando la differenza di massa Δm tra le due situazioni citate è così immediato calcolare la ΔE che verrà assorbita (o ceduta) durante la trasformazione.

Per esempio la massa del nucleo dell'atomo di deuterio (deuterone o deutone) (2_1H) è di 2,013553 u, mentre la massa di un protone è 1,007276 u e quella di un neutrone è 1,008665 u.

Fondendo quindi questi due nucleoni per dare il nuclide deuterone, ${}_1^1p + {}_0^1n \rightarrow {}_1^2H$

$$\Delta E = \Delta mc^2 = (m_{fin} - m_{iniz}) = [2,013553 - (1,007276 + 1,008665)] \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = -2,224 \text{ MeV}$$

Essendo l'energia negativa e considerando il sistema 2_1H si ha un disavanzo di Energia che viene così ceduta all'ambiente.

Dall'esempio riportato si nota che l'atomo libera energia quando viene creato, ma ciò non avviene quando si prendono in considerazione atomi molto grandi. Infatti, gli atomi con $Z > 28$ (più grandi del nichel) hanno una massa maggiore quando i propri neutroni e protoni sono relegati nel nucleo.

Questo è uno dei motivi per i quali si opera la fusione nucleare con atomi semplici, mentre la fissione si attua con atomi di grandi dimensioni.

2.7 DECADIMENTI RADIOATTIVI

I decadimenti radioattivi avvengono, in natura, quando un atomo è instabile, solitamente perché il rapporto tra il numero di neutroni e quello di protoni è diverso da 1, quindi

$$\frac{A}{Z} \neq 2$$

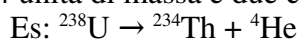


In questo modo viene parzialmente alterata la forza nucleare forte, causando l'instabilità atomica.

Possono tuttavia avvenire dei decadimenti in quanto l'atomo possiede troppi nucleoni al proprio interno, senza la necessità di uno squilibrio tra Z e A .

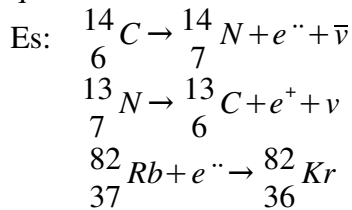
In natura vi sono essenzialmente tre tipi di decadimento radioattivo: α , β e γ .

- Decadimento α : avviene negli atomi con $Z > 82$ e $A > 200$, e consiste nel rilascio di una particella ${}_2^4\alpha$ ovvero elione (${}_2^4He$). In questo modo l'atomo iniziale perde 4 unità di massa e due cariche positive.



- Decadimento β : può essere β^+ o β^- . Il β^- consiste nell'emissione di una carica negativa con massa scarsissima ($\beta^- = e^-$) e di un antineutrino elettronico da parte di un neutrone che si trasforma in protone. Il decadimento β^+ invece può avvenire in due metodi separati: negli atomi leggeri un protone libera un positrone (e^+) e un neutrino elettronico trasformandosi in neutrone, mentre negli atomi

pesanti vi è una conversione di un protone in neutrone, grazie alla cattura di un'elettrone e l'emissione di un neutrino elettronico. I decadimenti β^- non modificano il numero di massa. Il decadimento β^- avviene per compensare lo squilibrio presente tra protoni e neutroni; per questo avverrà il decadimento β^+ se $A/Z > 2$, mentre avverrà il β^- se $A/Z < 2$.



- Decadimento γ : non comporta il cambiamento né di Z, né di A, ma solo l'assestamento del nucleo atomico. Avviene infatti in seguito ad una emissione di radiazioni α o β . Infatti questa radiazione è di natura elettromagnetica e quindi molto penetrante ed energetica.

A questi decadimenti si possono sommare altri eventi più rari, come l'emissione di neutroni, l'emissione di protoni e la fissione spontanea.

2.8 LA VELOCITA' DI DECADIMENTO

La velocità del decadimento viene ideata inizialmente da Ernest Rutherford che la ritiene proporzionale ad una costante (tipica del decadimento, detta costante di disintegrazione) e alla quantità di materia rimasta. Essendo la velocità di decadimento la derivata degli atomi trasformati sul tempo si ottiene che

$$dN/dt = -\lambda N$$

Secondo la risoluzione del calcolo differenziale si ha che

$$dN/N = -\lambda dt \quad \left[\ln N \right]_{N_0}^N = -\lambda t \quad \ln N = -\lambda t + \ln N_0 \quad N = e^{-\lambda t} e^{\ln N_0} \quad N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Tuttavia per indicare la velocità di decadimento di un materiale, capita più frequentemente di trovare il tempo di dimezzamento o di semivita o di semitrasformazione, cioè il tempo che la sostanza impiega per dimezzare la propria massa. La relazione tra λ e $t_{1/2}$ è

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

2.9 MECCANISMO DELLE REAZIONI NUCLEARI ARTIFICIALI

Già nel 1919 Rutherford riuscì a trasformare un atomo di azoto in uno di ossigeno grazie ad un bombardamento artificiale con particelle α . Al giorno d'oggi sono realizzabili molte trasformazioni nucleari, soprattutto grazie alla possibilità di utilizzare particelle diverse dalle onde α . Ecco un breve

elenco delle più utilizzate e dei metodi di utilizzo:

- particelle dotate di carica (p^+ , α , deuterone): vengono accelerate grazie alle forze elettromagnetiche in modo che possano legarsi al nucleo vincendo la barriera di potenziale, cioè il potenziale di soglia al di sotto del quale non avviene la reazione
- particelle non dotate di carica: devono essere ricavate artificialmente (in quanto non esistono in natura) come neutroni veloci. Per poter reagire efficacemente con gli atomi devono essere rallentati (diventando così neutroni lenti) in quanto reagiscono maggiormente, quanto più tempo stanno vicino al nucleo di un atomo. Trasformano l'atomo bersaglio in un isotopo con A maggiorato di 1.

Spesso un atomo bombardato perde il proprio equilibrio interno diventando instabile, e quindi radioattivo. Bombardando continuamente l'Uranio (l'elemento reperibile in natura con numero di massa massimo) con elementi quali anche piccoli nuclidi, si sono ottenuti nuovi elementi, detti transuranici.

2.10 LA FISSIONE NUCLEARE

Alcuni nuclidi, come quello di uranio 235 o plutonio 239, tramite il bombardamento con neutroni o altre particelle elementari si scindono in 2 o più parti, creando una reazione di fissione nucleare e liberando energia. È la reazione nucleare più facile da ottenere, ed è comunemente utilizzata nei reattori nucleari e nei tipi più semplici di bombe atomiche, quali le bombe all'uranio (come quella di Hiroshima) o al plutonio (come quella che colpì Nagasaki).

I residui di una reazione nucleare possono essere di vario tipo in quanto l'atomo ^{235}U può scindersi in diversi modi: ecco alcuni esempi.

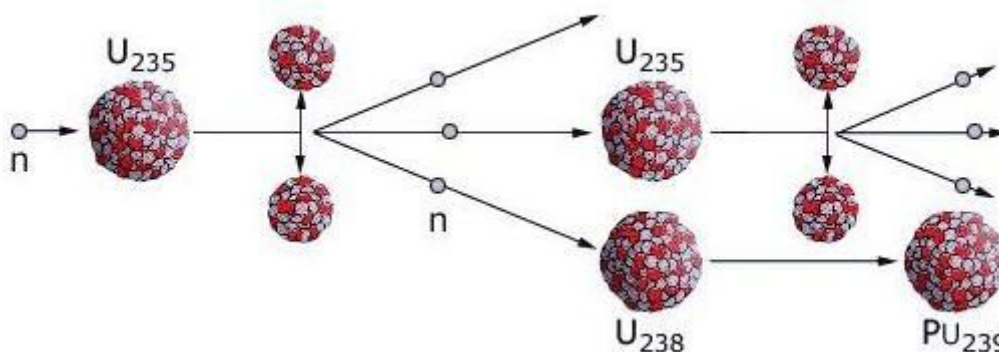
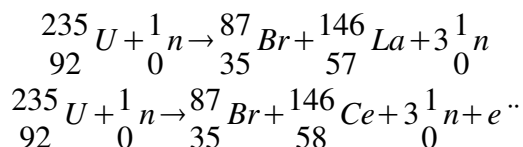


Illustrazione 5: Esempio di fissione nucleare

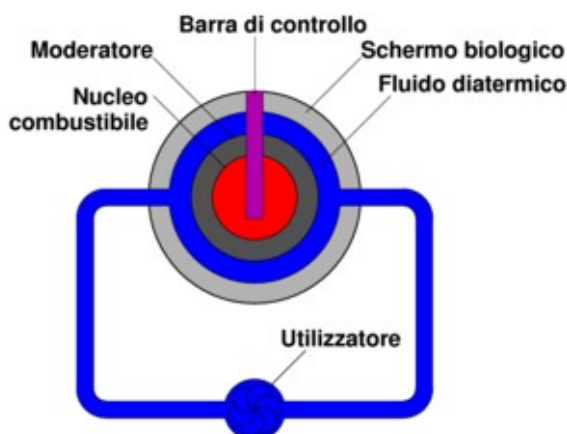
L'energia media proveniente dalla fissione di un atomo di uranio è di 200 MeV. In un comune processo di combustione, l'ossidazione di un atomo di carbonio fornisce un'energia di circa 4 eV, un'energia che è meno di cinquanta milionesimi di quella prodotta nella reazione nucleare di fissione.

Si può notare che ogni fissione nucleare libera neutroni. Questi sono neutroni veloci che possono innescare una fissione degli atomi di ^{235}U vicini. Nel caso in cui vi sia più di uno di questi che fa reagire un altro atomo, si parla di reazione a catena. Le reazioni a catena subiscono un aumento esponenziale della velocità di reazione (bombe nucleari). Quando invece si vuole evitare questo effetto, si utilizzano degli inibitori di reazione come l' ^{238}U (non reattivo) che riflettono i neutroni in modo da non renderli utilizzabili. Infatti, ogni reazione di fissione nucleare, è identificata da una costante K definita come il rapporto tra i neutroni presenti in una generazione, e quelli presenti nella generazione precedente. Se $K > 1$ si hanno reazioni a catena (nelle bombe nucleari $k \approx 1,2$) mentre se $K = 1$ la reazione è stabile. La quantità K viene definita in fisica del reattore come il fattore di moltiplicazione effettivo ed è fondamentale nel controllo del reattore stesso. La massa critica è dunque quella concentrazione e disposizione di atomi con nuclei fissili per cui la reazione a catena si mantiene stabile e il numero di neutroni presente nel sistema non varia.

In natura l' ^{238}U si trova miscelato con l' ^{235}U in un rapporto di 150 : 1. Il processo di arricchimento dell'Uranio consiste proprio nel trasformare l' ^{238}U in ^{235}U in modo da riuscire ad avere un numero di nuclei fissili sufficiente per far funzionare il reattore, in tal caso l'arricchimento varia dal 3% al 5% o per costruire una bomba atomica, in tal caso l'arricchimento arriva fino al 90%.

2.10.1 I reattori Nucleari a fissione:

I principali reattori nucleari a fissione sono cinque, ma seguono principalmente tutti lo stesso principio di funzionamento, come illustrato nell'immagine a lato.



1. La sorgente di energia è il combustibile presente nel nocciolo del reattore, composto da materiale fissile che, producendo neutroni e subendo la fissione ad opera degli stessi, emette energia sotto forma di calore.
2. Questo calore è asportato da un fluido diatermico (gassoso o liquido, o che subisce un cambio di fase nel processo) che lo trasporta ad un utilizzatore, quasi sempre un gruppo turbo-alternatore.
3. Un moderatore, solitamente grafite o acqua leggera, rallenta i neutroni in modo da aumentare l'importanza delle fissoni termiche dell' ^{235}U .
4. Le barre di controllo sono barre metalliche (in genere leghe di argento, cadmio e indio o carburi di boro) atte ad assorbire neutroni, ovviamente senza emetterne a loro volta; possono essere inserite nel nocciolo e servono per tenere sotto controllo ed eventualmente arrestare la reazione a catena di fissione. Il combustibile quindi emette in continuazione una certa quantità (fissa) di neutroni, e quando i sistemi di controllo (le barre) sono sollevate (almeno parzialmente), la quantità statistica di neutroni che scompaiono nel nocciolo è pari alla quantità di neutroni prodotti dallo stesso: questo è il cosiddetto **punto di criticità** del reattore. Al di sopra di questo punto il reattore si dice *sovra-critico*.

I reattori vengono classificati in quattro generazioni secondo parametri come la potenza, la data di costruzione e gli scopi per cui sono stato costruiti. Ecco le principali caratteristiche delle quattro generazioni.

- Prima generazione: include prototipi e reattori destinati alla produzione di energia elettrica o plutonio per armi nucleari, progettati e costruiti prima degli anni '70. Solitamente forniscono una produzione di energia elettrica inferiore ai 300 MW.
- Seconda generazione: Sono i reattori più diffusi nel mondo, sono caratterizzati da una potenza elettrica compresa tra i 300 e i 1000 MW.
- Terza generazione: Sono generatori simili a quelli della seconda generazione (tant'è che anche i nomi dei reattori sono simili) ma vengono creati con alcuni ulteriori accorgimenti tesi a limitarne la pericolosità e a migliorarne l'efficienza. Possiedono dei costi di produzione notevolmente elevati (a parità di potenza prodotta superano di più di due volte i reattori di seconda generazione) ma, con le centrali di generazione 3+, si ipotizza la possibilità di uno sfruttamento doppio del materiale fissile entro il 2015, riducendo così le scorie radioattive di 20%. E' stato recentemente reso noto il progetto del nuovo Governo italiano per la costruzione di tre di queste centrali per il 2020. I dati sperimentali dimostrano tuttavia la pericolosità ambientale di questi generatori.
- Quarta generazione: si prevede la costruzione di prototipi di questi reattori a partire dal 2030, in quanto vi sono ancora molte lacune tecniche. I principali miglioramenti consistono nell'introduzione dei reattori autofertilizzanti, cioè che trasformano automaticamente il materiale fertile (cioè quello che dopo specifici trattamenti può essere usato) in materiale fissile.

Ecco un elenco con le caratteristiche salienti dei cinque tipi di reattore:

1. **Reattori Magnox:** sono reattori che utilizzano come fluido diatermico un gas, che ha il vantaggio di non corrodere la struttura (come invece accade per l'acqua ad alte temperature). Il gas non è tuttavia un buon conduttore di calore e pertanto causa un aumento della temperatura nel nocciolo. In questo tipo di centrale il problema viene risolto con l'utilizzo di

costose (e instabili, a temperature elevate) strutture in grafite.

2. **Reattori RBMK**, tutt'ora in uso nell'Ex Unione Sovietica. Sono molto simili ai reattori Magnox con la differenza che vengono utilizzati della grafite e dell'acqua per raffreddare il nocciolo. Con l'aumentare della temperatura del nocciolo aumenta anche la velocità di evaporazione dell'acqua. Essendo l'effetto mediatore di questa minimo ciò causa una diminuzione dell'inibizione alla fissione. Tecnicamente ciò è detto coefficiente di vuoto *positivo*. Questi reattori vennero progettati anche per avere un coefficiente di potenza positivo, cioè che ad ogni incremento nella potenza prodotta dal reattore tende ad aumentare anche la velocità di reazione.

Ben presto si scoprì che questi due effetti insieme potevano provocare condizioni di instabilità del reattore stesso ma non fu possibile eliminarli dal progetto del RBMK senza rinunciare alla possibilità di usare uranio naturale come combustibile. I reattori RBMK furono anche progettati per utilizzare uranio riciclato proveniente dal combustibile dei reattori PWR, praticamente uranio impoverito. Questa ulteriore condizione aumentò l'instabilità dei reattori RBMK. Tutte queste caratteristiche dei RBMK divennero di dominio pubblico quando nel 1986 uno dei quattro reattori RBMK della centrale di Chernobyl esplose nel più grave incidente accaduto ad una centrale nucleare civile.

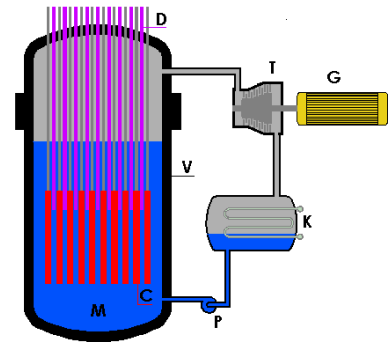


Illustrazione 6: Schema di un reattore BWR

3. **Reattori BWR** (Boiling Water Reactor) questa sigla definisce i reattori ad acqua bollente. Sono simili a delle caldaie dove il bruciatore sia stato sostituito con un nocciolo. L'acqua si trova a contatto con il materiale fissile, evapora dentro il nocciolo e passa successivamente per la turbina e per il condensatore dove viene raffreddata. È evidente il rischio legato ad una rottura del condensatore, che metterebbe in contatto l'acqua a bassa pressione che poi circola nel reattore (e, quindi, che deve essere purificata) con l'acqua proveniente dall'ambiente esterno. Lo schermo biologico non è esterno alla caldaia.

4. **Reattori PWR**: sono stati realizzati per evitare l'uso di vapore d'acqua contaminato come avviene invece nei BWR. A tale scopo l'acqua di raffreddamento del nocciolo, usata come al solito come moderatore, viene tenuta a pressioni elevate intorno ai 150 bar, in modo da poter raggiungere temperature elevate senza cambiamento di stato. Questo, che è il vantaggio maggiore dei reattori PWR, ne è anche il limite: la temperatura critica dell'acqua è pari a 374.13 °C, e quindi il circuito primario può funzionare a temperature massime dell'ordine dei 320 °C; ciò limita nella pratica la produzione di vapore nel circuito secondario a pressioni dell'ordine dei 70-80 bar, riducendo quindi il rendimento termico dell'impianto. Sono inoltre presenti i problemi legati alla scomposizione dell'acqua ad alte temperature in ioni, che corrodono le apparecchiature.

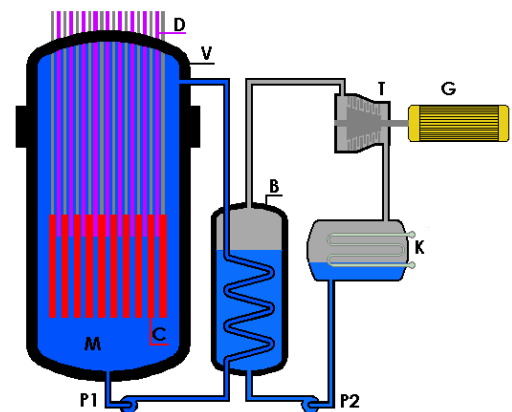


Illustrazione 7: Schema di un reattore PWR

5. **Reattori a metallo liquido**: in questo tipo di reattore viene utilizzato come fluido diatermico in un circuito primario un metallo fuso. Questo comporta principalmente un miglior rendimento termodinamico in quanto il liquido può essere scaldato a basse pressioni, superando il limite dei reattori PWR. Inoltre c'è una minore emissione di onde radioattive e la possibilità di utilizzare come combustibile scorie radioattive provenienti da centrali PWR. Dei reattori di questo tipo utilizzanti il sodio liquido sono stati recentemente dismessi perché ritenuti troppo pericolosi.

Tutte le centrali nucleari hanno tuttavia l'enorme problema delle scorie radioattive. Queste infatti

sono molto dannose per l'ambiente e necessitano di essere stoccate in modi particolari. Attualmente vengono principalmente utilizzati due modi per smaltire le scorie: per le scorie a basso livello di radioattività si ricorre al deposito superficiale, ovvero al confinamento in aree terrene protette e contenute all'interno di barriere ingegneristiche; per le scorie a più alto livello di radioattività si ricorre invece al deposito geologico, ovvero allo stoccaggio in bunker sotterranei profondi e schermati in modo da evitare la fuoriuscita di radioattività nell'ambiente esterno. Le scorie liquide vengono prima raccolte in contenitori di plastica o di vetro. I siti di destinazione ottimali vengono individuati e progettati in base a rigorosi studi di natura geologica. Le scorie rappresentate invece da combustibile non totalmente esausto, ovvero quelle ritenute più pericolose, sono invece stoccate in contenitori colmi d'acqua all'interno delle stesse centrali nucleari che ne hanno sfruttato l'utilizzo.

Recentemente sono stati sviluppati anche degli impianti di rigenerazione in grado di estrarre il combustibile dalle scorie e renderlo nuovamente riutilizzabile nel processo di fissione nucleare, in pratica riciclando la scoria radioattiva. Il problema maggiore legato alle scorie nucleari riguarda l'elevato numero di anni necessari affinché si raggiunga un livello di radioattività non pericoloso. In relazione al tempo di semivita tale arco di tempo è stato calcolato e gli anni necessari risulterebbero 20 000 nel caso di rifiuti provenienti da processi di riciclo del combustibile esausto, mentre occorrerebbe un tempo 100 volte superiore nel caso di scorie non trattate.

Da recenti indagini è emerso che i costi di costruzione delle centrali nucleari sono, a parità di efficienza, del 15% maggiori rispetto alle centrali a carbone o a gas. Il motivo di tanto investimento è stato, per molti anni, l'errata convinzione di avere grandi quantità di energia a bassi prezzi, una volta completata la centrale. Queste stime si sono però rivelate errate in quanto i costi di smaltimento delle scorie radioattive, sommati a quelli di manutenzione e controllo periodico delle centrali, conferiscono un prezzo all'energia prodotta da queste centrali superiore del 13% rispetto alle concorrenti. A queste spese non sono state sommate quelle per lo smantellamento delle centrali dismesse.

Né gli studi, né la pratica dimostrano che queste centrali sono sicure: sono attivi ancora decine di impianti RBMK, con apparecchiature obsolete, e nemmeno per le nuove centrali sono da escludere possibili catastrofi ambientali. Infatti la centrale Giapponese di terza generazione di Kashiwazaki, una delle più nuove e sicuramente la più grande al mondo, è stata chiusa nel 2007 in quanto, a seguito di un terremoto, si sono riversate in mare tonnellate di acqua radioattiva. Questa tipologia di struttura è simile, per tecnologia e sicurezza, a quella che il ministro Scajola vuole costruire in Italia, assicurando che vi potrebbe essere un incidente ogni 10^8 anni. Anche se non fosse successo alcun danno a centrali di terza generazione eccetto la catastrofe giapponese, il tempo medio intercorso tra la costruzione di una centrale e quello del primo danno è di soli 220 anni (per ogni centrale!!), circa mezzo milione di volte superiore a quello previsto dagli scienziati (ovviamente sostenitori del progetto) che hanno calcolato il dato teorico. Un altro caso che ben rappresenta la sicurezza di queste tecnologie è la centrale Slovena che è stata arrestata per un motivo molto simile a quello del reattore di Kashiwazaki: delle perdite radioattive nell'ambiente. Nello stato attuale delle cose le centrali nucleari non sono sicure né vantaggiose, e gli studi lo dimostrano. Nonostante tutto, la disinformazione sta portando il mondo a costruirne senza freno di sempre più grandi, tralasciando invece tecnologie più produttive.

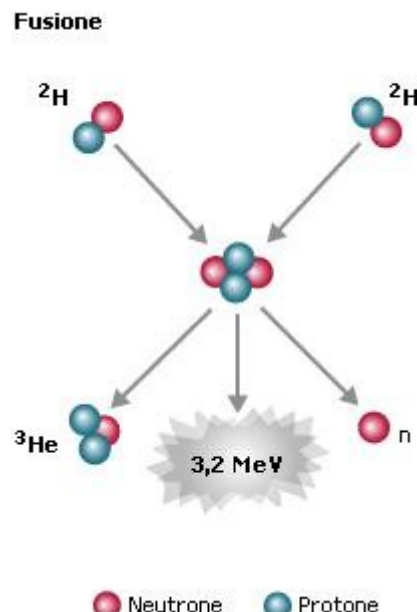
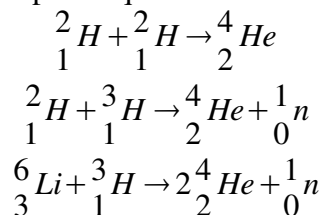
2.11 LA FUSIONE NUCLEARE

La reazione di fusione avviene quando due nuclidi leggeri si fondono in un nuclide più pesante. Sebbene, a differenza della fissione, le materie prime siano molto presenti in natura, è molto difficile far avvenire la fusione in quanto devono essere superate le forze coulombiane che, per atomi con raggi molto piccoli, sono molto intense. Per far fronte a questo problema è necessario creare uno stato della materia chiamato plasma, ottenibile solo a temperature e pressioni molto elevate. In questo quarto stato di aggregazione, gli atomi non mantengono più la loro conformazione ma si scontrano liberamente perdendo gli elettroni.

Quasi tutta l'energia libera che viaggia nell'universo proviene dalla fusione, in quanto la maggior

parte degli atomi è idrogeno, elio e litio: quasi tutte le stelle infatti sono formate da plasma. La reazione di fusione nucleare è stata sfruttata solo per ordigni come la bomba H. Questi dispositivi necessitano di bombe nucleari complementari che permettano la realizzazione delle condizioni adatte alla fusione. Sono stati inoltre costruiti dei reattori a fusione, ma si trovano ancora allo stadio sperimentale e non produttivo. Questo tipo di reazione non comporta la creazione di materia instabile e radioattiva e sarebbe, per questo motivo, un'ottima fonte di energia non inquinante. Si ritiene che i primi reattori a fusione per la produzione di energia elettrica saranno realizzati nel 2050, in quanto è tutt'ora difficile mantenere quel tipo di reazione stabile.

Le più frequenti reazioni di fusione sono:



Sembra sia invece stata una “bufala” l'esperimento creato da Rusi Taleyarkhan che, tramite l'utilizzo della sonoluminescenza affermava di aver riprodotto la fusione nucleare attraverso l'uso di microbolle. Infatti il suo esperimento è stato riprodotto molte volte, ma in nessun caso si sono ottenuti i risultati ricavati da Rusi.

2.11.1 La fusione nucleare a freddo

La fusione nucleare fredda è un nome generico attribuito a ipotetiche reazioni di fusione nucleare che si produrrebbero a pressioni ed a temperature relativamente basse. Molte sono state ipotizzate e realizzate per via elettrochimica, ma attualmente non vi sono prove certe della possibilità di creare questa reazione. Il primo esperimento consisteva nel far assorbire degli ioni di deuterio a del platino che, agendo da catalizzatore, riusciva a far avvenire la reazione di fusione a temperature basse. Negli anni '90 molti scienziati hanno riportato notizie discordanti riguardo ai primi esperimenti sulla fusione fredda, fino a considerarla una pseudo-scienza basata su misure aleatorie. Più tardi si scoprì invece che molti dati furono falsificati dai sostenitori della fusione a caldo, per evitare la spartizione dei finanziamenti destinati ad altri esperimenti. Anche se a rilento, attualmente vengono commissionati degli studi riguardo questo campo della fusione nucleare.

Non vi sono attualmente progetti che porterebbero alla produzione di energia elettrica riguardo queste trasformazioni, in quanto si conosce ancora parzialmente l'effettivo meccanismo di queste reazioni. Per questi motivi gli sforzi di ricerca sono incentrati maggiormente sulla fusione a caldo, che sembra avere più futuro nel medio termine.

Biologia:

La pet-tac e gli utilizzi
atomici in campo
medico

3.1 LA MEDICINA NUCLEARE

La medicina nucleare è una branca della scienza che studia le applicazioni, nel campo della sanità che prevedono l'utilizzo di apparecchiature che sfruttano le attuali conoscenze sull'atomo. Questo approccio è utilizzato principalmente nella scintigrafia (lo studio delle malattie), e nella radioterapia (una cura per i tumori).

La scintigrafia permette un tipo di diagnostica per immagini radiologiche, cioè attraverso lo studio della fissazione di un radionuclide (Solitamente il tecnezio-99m¹), in varie parti dell'organismo. Questo particolare atomo viene legato a una molecola che si inserisce nei tessuti e quindi nel metabolismo svolgendo le stesse funzioni delle molecole "classiche", così da consentirne lo studio della fisiologia. L'apparecchiatura che viene utilizzata a tale scopo è costituita da cristalli a scintillazione, che permettono la visualizzazione della fissazione del radionuclide all'interno dell'organismo fornendo un'immagine radiologica istantanea.

Mediante acquisizioni tomografiche² è inoltre possibile lo studio tridimensionale dell'organo

La scintigrafia rispetto a una normale radiografia è molto più sensibile, ma meno specifica in quanto può diagnosticare la presenza di malattie prima del manifestarsi dei sintomi, ma è meno dettagliata. L'esempio più usato di scintigrafia nella Medicina nucleare è la PET, illustrata in seguito.

Tra gli utilizzi più famosi della scintigrafia v'è quello di aver capito come avviene precisamente la respirazione cellulare, marcando delle molecole di glucosio con dell'ossigeno radioattivo, o come avviene la fotosintesi clorofilliana attraverso il procedimento inverso.

Un'altra importantissima branca della medicina nucleare è la terapia radiometabolica, ovvero la radioterapia, che permette la cura di tumori e cancro.

3.2 LA TOMOGRAFIA AD EMISSIONE DI POSITRONI

3.2.1 Come funziona:

La procedura inizia con l'iniezione nel soggetto da esaminare, generalmente per via endovenosa, di un isotopo tracciante di breve vita media, legato chimicamente in una molecola attiva a livello metabolico che diventerà un radiotracciante. Dopo un tempo di attesa durante il quale la molecola raggiunge una determinata concentrazione all'interno dei tessuti organici da analizzare, il soggetto viene posizionato nello scanner. L'isotopo iniettato, avendo un tempo di decadimento abbastanza breve, continua ad emettere positroni secondo un decadimento nucleare β^+ . Dopo un percorso che può raggiungere al massimo pochi millimetri, il positrone si annichila con un elettrone, producendo una coppia di fotoni (di energia paragonabile a quella dei raggi gamma) emessi in direzioni opposte fra loro. Questi fotoni sono rilevati quando raggiungono uno scintillatore³, nel dispositivo di scansione, dove creano un lampo luminoso, registrabile attraverso dei tubi fotomoltiplicatori⁴.

1 E' un atomo poco frequente in quanto prodotto dall'eccitazione di un protone o neutrone nel nucleo atomico, tale da rendere necessario un cambiamento nel suo spin affinché possa scaricare l'energia in suo possesso e decadere in uno stato non eccitato.

2 Tomografia: si intende la rappresentazione del corpo umano a strati, in contrapposizione alla radiografia convenzionale, che dispone sulla superficie bidimensionale della lastra tutto lo spessore del corpo

3 Scintillatore: E' un materiale capace di emettere impulsi di luce, in genere visibile o ultravioletta, quando viene attraversato da fotoni di alta energia o da particelle cariche. Ciò può avvenire quando la particella incidente cede parte della propria energia allo scintillatore causando, ad esempio, l'eccitazione di un elettrone che si sposta in un livello ad energia superiore. Quando l'elettrone decade al livello che occupava prima dell'eccitazione emette un fotone di energia relativamente bassa, tipicamente nello spettro di luce visibile.

4 Tubo fotomoltiplicatore: è un rivelatore elettronico di luce estremamente sensibile nell'ultravioletto, in luce visibile e nel vicino infrarosso. Il dispositivo è talmente sensibile da potere rilevare un singolo fotone. Il fotone viene inizialmente trasformato in un elettrone, poi accelerato con campi elettrici così che, dopo aver colpito un materiale fotoelettrico, vengono liberati molti elettroni con energia bassa, che saranno accelerati causando una reazione a catena. In fine, partendo da 1 fotone, si possono ottenere più di 10^8 elettroni.

Dalla misurazione della posizione in cui i fotoni colpiscono il rivelatore, si può ricostruire la posizione della molecola da cui sono stati emessi, permettendo la determinazione dell'attività o dell'utilizzo chimico all'interno delle parti del corpo investigate. Lo scanner utilizza la rilevazione delle coppie di fotoni per mappare la densità dell'isotopo nel corpo, sotto forma di immagini di sezioni (generalmente trasverse) separate fra loro di 5 mm circa. La mappa risultante rappresenta i tessuti in cui la molecola campione si è maggiormente

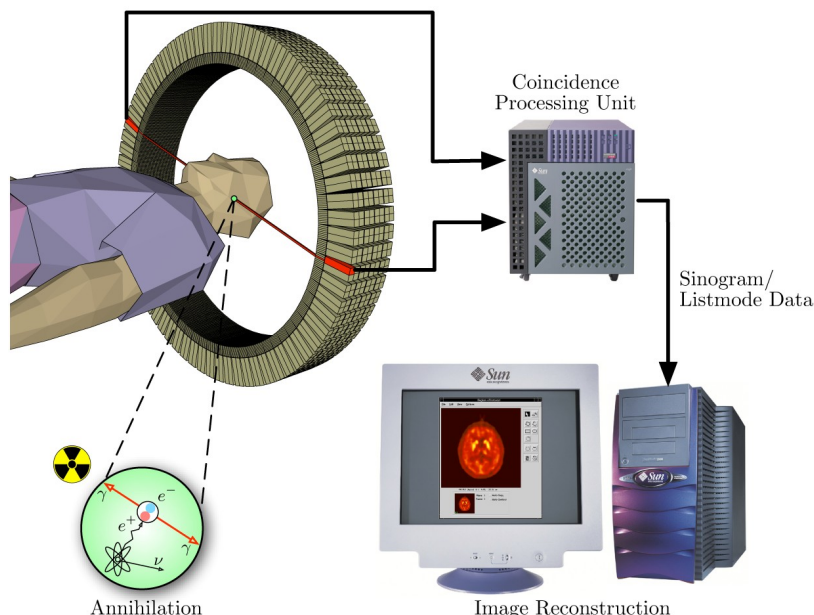


Illustrazione esplicativa di una macchina per la PET

concentrata e viene letta e interpretata da uno specialista in medicina nucleare o in radiologia al fine di determinare una diagnosi ed il conseguente trattamento. Un punto cruciale della tecnica è la rilevazione simultanea di coppie di fotoni: i fotoni che non raggiungono il rivelatore in coppia, cioè entro un intervallo di tempo di pochi nanosecondi, non sono presi in considerazione. Una ulteriore limitazione alla diffusione della PET è il costo dei ciclotroni per la produzione dei radionuclidi di breve tempo di dimezzamento. Pochi ospedali e Università possono permettersi l'acquisto e il mantenimento di apparati costosi e la maggior parte dei PET clinici è supportata da fornitori esterni di radiotraccianti, che riforniscono più strutture contemporaneamente. Questo vincolo limita l'uso della PET clinica principalmente all'uso di traccianti contrassegnati con il ^{18}F , che avendo un tempo di dimezzamento di 110 minuti può essere trasportato ad una distanza ragionevole prima di essere utilizzato, oppure al ^{82}Rb , che può essere creato anche in acceleratori portatili.

I radionuclidi utilizzati nella scansione PET sono generalmente isotopi con breve tempo di dimezzamento, come ^{11}C (~20 min), ^{13}N (~10 min), ^{15}O (~2 min) e ^{18}F (~110 min). Per via del loro basso tempo di dimezzamento, i radioisotopi con minor tempo di semivita devono essere prodotti da un ciclotrone⁵ posizionato in prossimità dello scansionatore PET.

5 Ciclotrone: è una macchina usata per accelerare fasci di particelle elettricamente cariche (normalmente ioni leggeri) utilizzando una corrente alternata sincronizzata ad alta frequenza ed alta tensione, in associazione con un campo magnetico perpendicolare.

3.2.2 Come viene applicata:

La PET è usata estensivamente in oncologia clinica (per avere rappresentazioni dei tumori e per la ricerca di metastasi) e nelle ricerche cardiologiche e neurologiche. Ad ogni modo, mentre gli altri metodi di scansione, come la TAC⁶ e la RMN⁷ permettono di identificare alterazioni organiche e anatomiche nel corpo umano, le scansioni PET sono in grado di rilevare alterazioni a livello biologico molecolare che spesso precedono l'alterazione anatomica, attraverso l'uso di marcatori molecolari che presentano vengono assorbiti più o meno velocemente a seconda del tessuto esaminato. Con



Foto di una macchina per la PET

una scansione PET è possibile visualizzare e quantificare con discreta precisione il cambio di afflusso sanguigno nelle varie strutture anatomiche (attraverso la misurazione della concentrazione dell'emettitore di positroni iniettato prima del suo assorbimento). Spesso, e sempre più frequentemente, le scansioni della Tomografia a Emissione di Positroni sono raffrontate con le scansioni a Tomografia Computerizzata (TAC), fornendo informazioni sia anatomiche e morfologiche, che metaboliche, principalmente su come il tessuto o l'organo siano conformati e su cosa stiano facendo. Per sopperire alle difficoltà tecniche e logistiche conseguenti allo spostamento del paziente per eseguire i due esami ed alle imprecisioni conseguenti, ci si avvale oramai esclusivamente dei tomografi PET-TAC, nei quali il sistema di rilevazione PET ed un tomografo TAC di ultima generazione sono assemblati in un unico gantry (così è chiamata la macchina) e controllati da un'unica consolle di comando. L'introduzione del tomografo PET-TAC ha molto migliorato l'accuratezza e l'interpretabilità delle immagini e ha permesso una notevole riduzione dei tempi di esame.

La PET è usata anche in studi pre-clinici sugli animali, dove invece le indagini ripetute sullo stesso soggetto sono consentite, per ricavare più informazioni riguardo l'evoluzione di alcune patologie. Queste ricerche si sono dimostrate particolarmente valide nella ricerca sul cancro, dove si registrano un aumento della qualità statistica dei dati e una sostanziale riduzione del numero di animali richiesti per ogni singolo studio.

6 TAC: Acronimo di tomografia assiale computerizzata. In radiologia la tomografia computerizzata, indicata con l'acronimo TC o CT (dall'inglese computed tomography), è una metodica diagnostica per immagini, che sfrutta radiazioni ionizzanti (raggi X) e consente di riprodurre sezioni (tomografia) corporee del paziente ed elaborazioni tridimensionali. Per la produzione delle immagini è necessario l'intervento di un elaboratore di dati. L'aggettivo assiale è attualmente inappropriato perché le nuove metodiche non acquisiscono più in un piano assiale, cioè trasversale, cosa che permette di produrre un'immagine alla volta, ma viene adottata una tecnica a spirale, così da ottenere più immagini in una scansione. Inoltre, potendo inclinare lettino e gantry (il "corpo macchina"), si possono acquisire anche immagini su altri piani, come quello coronale.

7 RMN (**Risonanza Magnetica Nucleare**): è una tecnica di indagine sulla materia basata su principi fisici che utilizzano la misurazione della precessione dello spin dei protoni sottoposti ad un campo magnetico. Nonostante il nome, non ha niente a che vedere con il decadimento nucleare, per evitare confusioni infatti spesso questo aggettivo viene eliminato. Le indagini mediche che sfruttano l'RMN sono dette anche tomografia a risonanza magnetica. Le indagini di risonanza magnetica sono preferibili rispetto alla TAC quando non c'è necessità di avere un'altissima risoluzione spaziale, in quanto non comportano l'assorbimento di radiazioni da parte del paziente. Inoltre risultano più utili in caso di lesioni localizzate in tessuti vicini a strutture ossee, che potrebbero non essere rilevabili attraverso i raggi X. Necessitano di tempi lunghi per essere eseguite.

3.3 LA RADIOTERAPIA

3.3.1 Come funziona:

La radioterapia è una terapia consistente nell'utilizzo di radiazioni ionizzanti per scopi medici, in particolare nel trattamento di tumori o nel controllo di cellule maligne che potrebbero degenerare in tumori. Si basa sul principio d'indirizzare la radiazione ionizzante sulle cellule cancerogene per danneggiarne il DNA. Le cellule sane dispongono di meccanismi atti a riparare i danni che possono avvenire sul loro DNA, ma nelle cellule cancerogene questi meccanismi sono molto meno efficienti. La principale limitazione dell'uso di questa tecnica consiste nel fatto che le cellule di tumori solidi risultano essere più inibite a fissare i mutamenti letali nel DNA consentendo così alle apposite proteine di ripararne i danni, ed essendo così più resistenti a questo tipo di terapia.



Un macchinario per la radioterapia

La difficoltà dell'utilizzo di questa tecnica consiste nei pericoli indotti dalle stesse radiazioni ionizzanti e nella probabilità che le stesse inducano l'insorgenza di tumori. Esistono studi per la ricerca di un possibile legame di causa-effetto fra la radiazione ionizzante e il cancro. La radiazione potrebbe interferire con la vita della cellula, determinando il tumore in una cellula sana tanto come un cambiamento verso la guarigione di una cellula cancerosa. In questo caso, la radioterapia potrebbe essere sia rimedio che una causa del cancro.

L'obiettivo che la radioterapia si prefigge è di ottenere la totale distruzione di una neoplasia⁸, senza indurre alterazioni gravi e irreversibili ai tessuti circostanti. Per garantire questo risultato occorre dunque utilizzare tecniche appropriate avvalendosi di differenti tipi di radiazioni, sia fotoniche (raggi X o γ) o corpuscolari (elettroni veloci, raggi β , ioni carbonio, ecc.)

differentemente distribuite alla sede neoplastica, preservando al massimo le strutture adiacenti.

3.3.2 Come viene applicata:

La preparazione al trattamento prevede:

1. Preparazione del sistema di immobilizzazione: È necessario immobilizzare il paziente per porlo sempre nella stessa posizione durante le diverse sedute del trattamento. È necessario tener conto di molte variabili come il comfort, la capacità di mantenere la posizione, la sede da trattare, le riproducibilità (coperte, lenzuola o indumenti possono variare di spessore e cambiare la posizione del paziente), le limitazioni dovute all'apparecchio.
2. Centraggio del paziente immobilizzato tramite TAC, RMN o PET e una successiva elaborazione automatica dei dati tramite Treatment Planning. È importante che il paziente esegua l'esame tomografico nella posizione in cui sarà durante il trattamento.
3. Set up dell'apparato per l'emissione dei raggi e verifiche (corretto posizionamento del paziente, Flessione del piano del lettino, Disallineamento dei laser)
4. Esecuzione del trattamento

⁸ Neoplasia: sinonimo di tumore, con una distinzione: il termine tumore si basa sull'aspetto macroscopico della massa interessata; il termine neoplasia prende in considerazione, più che l'aspetto esteriore della massa, il contenuto microscopico della stessa, costituito da cellule di "nuova formazione".

3.3.3 Classificazione e utilizzi:

Può essere classificata, secondo gli utilizzi, in tre categorie:

- Adjuvante o postoperatoria (con o senza chemioterapia): per migliorare il controllo locale della malattia come in tumori della mammella o del retto.
- Curativa: esclusivo o con chemioterapia sequenziale o concomitante, per patologie virtualmente localizzate, come tumori prostatici, tumori del distretto cervico-cefalico, tumori ginecologici, linfomi⁹, di basso grado.
- Palliativa: in neoplasie non risolubili (es.: tumori non più suscettibili di trattamenti con intento curativo), per l'attenuazione del dolore, derivante da metastasi ossee e cerebrali.

L'irradiazione totale del corpo consiste in una particolare tecnica radioterapica utilizzata per preparare il paziente a ricevere un trapianto di midollo osseo. Alcune applicazioni della radioterapia sono legate al trattamento di situazioni non maligne, quali ad esempio l'ipertiroidismo¹⁰.

La Radioterapia a fasci esterni si basa sull'utilizzo di un fascio di radiazioni prodotte da sorgenti situate fuori del paziente, e viene utilizzata sia con radiazioni fotoniche di alta energia, sia con l'utilizzo di elettroni veloci. Gli elettroni hanno una diffusione della dose differente dai RX, poiché scaricano velocemente la dose in superficie e dunque vengono utilizzati per irradiare tessuti superficiali, risparmiando così quelli più profondi.

9 Il linfoma è un tumore del tessuto linfoide (linfociti T e B e loro precursori). Il linfoma ha molti tratti in comune alle leucemie, tuttavia si indica con il termine linfoma un tumore che si presenta sotto forma di masse distinte, mentre con il termine leucemia (letteralmente "sangue bianco") si indica un diffuso interessamento del midollo osseo e la presenza in circolo di ingenti quantità di cellule tumorali.

10 Ipertiroidismo: è la sindrome derivante dall'eccesso di ormoni tiroidei nel circolo ematico. Viene curata bombardando la tiroide con particelle radioattive danneggiandola e portando così il suo metabolismo a livelli normali. Alternativamente viene somministrato direttamente dello iodio radioattivo al paziente in grandi quantità danneggiando irreparabilmente la ghiandola.

Letteratura Italiana:

Italo Svevo e la critica
all'inaffidabile società
moderna

4 ITALO SVEVO E LA COSCIENZA DI ZENO

Italo Svevo (pseudonimo di Hector Schmitz) nasce a Trieste, nel 1861. Nel corso della propria vita sperimenta molti lavori e condizioni sociali e ciò, in qualche modo, si rispecchierà sui suoi romanzi. Ha un rapporto con la scrittura molto particolare e sembra che essa sia strumento privilegiato per consentirgli di riflettere sulla propria condizione; la sua scrittura è infatti più simile ad una serie di riflessioni che a un vero romanzo. Una delle caratteristiche dei suoi romanzi infatti è l'analogia che spesso si riscontra tra il personaggio dei romanzi e Italo stesso. Egli infatti inizialmente è costretto ad impiegarsi in una banca, dove lavora per circa un ventennio accompagnando questo lavoro che non lo appaga con la scrittura di libri pubblicati a proprie spese, come *Una vita* e *Senilità*. Si condensano in questi romanzi non solo i suoi sentimenti rispetto al mondo moderno e a se stesso ma anche tutti i suoi sogni e le sue speranze. I protagonisti diventano così alter ego dell'autore. Deluso dall'accoglienza riservata ai suoi scritti, egli sceglie di chiudersi in un silenzio destinato a durare a lungo, sebbene continui ad essere un lettore costante e curioso. Nel 1899, dopo il matrimonio con Livia Veneziani, entra come socio nella ditta commerciale del suocero. Incontra in questo periodo Joyce, che lo porta a contatto con la letteratura inglese, caratterizzata da un distacco tra lo scrittore e la realtà e da una osservazione quasi ironica e disincantata del mondo. Questa visione accompagnerà Svevo per il resto della sua vita e gli permetterà di trarre delle conclusioni, espresse quasi integralmente nel libro *La coscienza di Zeno*, riguardo alla propria agonia mentale.



Italo Svevo

E' evidente sin dai primi libri di Svevo, un profondo disagio psicologico soprattutto nei confronti delle altre persone. In *Una vita* il protagonista si sente un fallito nel mondo moderno nel quale non si sente integrato, come è testimoniato nell'iniziale titolo del romanzo: Un inetto. Con il secondo romanzo Svevo tenta di razionalizzare l'inettitudine che sente in sé, per capirne le radici. Infatti la scrittura è per Svevo un metodo di riflessione sulla propria vita con il quale tenta di trarre delle conclusioni. Per questo motivo, sebbene il protagonista di *Una vita* si suicidi al termine del romanzo, in *Senilità* si ritrova un personaggio in condizioni molto simili, ma intellettualmente maturato. In *Una vita* l'inetto è costituzionalmente tale, e, per questo, non potrà mai riscattarsi: da ciò il suicidio. Nel secondo romanzo appare la divisione tra lottatori e contemplatori, ispirata dalla filosofia di Schopenhauer e dal Socialdarwinismo. In questa visione, Svevo ha già colto la radice dei propri mali: la riflessione sulla povertà della vita. Questo problema è compreso solamente dai contemplatori, una minoranza che sa riflettere davanti alle difficoltà della vita, e, per questo, ne rimane paralizzata. I lottatori, al contrario, non perdono tempo a contemplare la vita, ma sono perfettamente integrati nel mondo del progresso e della produttività. Proprio per questo atteggiamento essenzialmente pragmatico non si pongono problemi e perciò non si sentono inadatti. Riflettendo sulle rivoluzionarie teorie di Darwin, Svevo giunge alla conclusione che i contemplatori saranno coloro che risentiranno meno dei cambiamenti nel mondo in quanto sono già abituati a trovarvisi spaesati. I lottatori, al contrario saranno i primi a soccombere. Questo è il primo passo che Svevo compie verso una visione ribaltata rispetto alla sua idea iniziale, in quanto dà una sfumatura positiva all'inettitudine. Nonostante tutto, l'inadatto si troverà sempre in questa condizione in quanto, come è spiegato nel romanzo *Senilità*, non si trova nelle condizioni mentali per poter agire come un lottatore. La senilità del titolo è infatti una condizione mentale nella quale il protagonista è stanco di lottare per qualcosa di irraggiungibile e in lui non restano altro che i sentimenti di rassegnazione per ciò che non è stato, sebbene abbia solo 35 anni.

L'ultimo fondamentale passo è compiuto da Svevo nel romanzo *La coscienza di Zeno*, dove il protagonista afferma a posteriori di essere guarito da quello stato di inadeguatezza in cui si trovava il protagonista del romanzo precedente.

Intanto egli (il suo psicanalista) crede di ricevere altre confessioni di malattia e debolezza e invece riceverà la descrizione di una salute solida, perfetta quanto la mia età abbastanza inoltrata può permettere. Io sono guarito! Non solo non voglio fare la psico-analisi, ma non ne ho neppure di bisogno. E la mia salute non proviene solo dal fatto che mi sento un privilegiato in mezzo a tanti martiri.
[La coscienza di Zeno]

Zeno si situa nella categoria dei contemplatori e per questo non riesce ad imporsi nella propria vita, dove tutto è dominato dalla casualità. Per tutto il romanzo Zeno rievoca gli autoinganni che lui stesso ha dovuto tessere per non cadere nella condizione di Senilità. Infatti Zeno cerca disperatamente la fonte del proprio sentimento di inadeguatezza e, non trovandola, la inventa assegnandola al rapporto col padre o al fumo o ad altri autoinganni. Nell'ultima parte del romanzo, dopo aver esaminato molti casi di "salute" come quella del padre o della moglie, Zeno arriva ad una conclusione che stravolge i canoni di inettitudine esaminati fino ad ora: la vera malattia non è l'inadeguatezza ma lo stato in cui si trovano i lottatori. Infatti, Zeno stesso, dal momento che capisce questo fatto, non ha più problemi ad inserirsi nel mondo quotidiano e anzi lo fa meglio di tutti riuscendo a speculare sulla guerra. Capisce così tutti i problemi vissuti fino a quel momento e spiega la propria incompatibilità con il mondo moderno con l'inadeguatezza del mondo moderno stesso e dei lottatori rispetto ai contemplatori.

Naturalmente io non sono un ingenuo e scuso il dottore di vedere nella vita stessa una manifestazione di malattia. La vita somiglia un poco alla malattia come procede per crisi e lisi ed ha i giornalieri miglioramenti e peggioramenti. A differenza delle altre malattie la vita è sempre mortale. Non sopporta cure. Sarebbe come voler turare i buchi che abbiamo nel corpo credendoli delle ferite. Morremmo strangolati non appena curati.
[La coscienza di Zeno]

E' interessante notare un'analogia tra Zeno e lo stesso Svevo: entrambi riescono ad uscire dall'inettitudine quando si inseriscono nel mondo del lavoro come delle persone di successo. Svevo, come conseguenza, in questo periodo smette di scrivere in quanto non ha più nulla da chiarirsi ma riprenderà stendendo l'ultimo romanzo quando la sua fabbrica gli verrà sottratta dal Fascismo. Tutto ciò è coerente con l'inizio del romanzo nel quale Zeno (e quindi anche l'autore) annuncia, grazie alla prefazione, di essere guarito. Tutte le avventure e gli autoinganni saranno ricordati da Svevo; non si tratta qui di vera riflessione ma solo di una spiegazione al lettore della via percorsa per giungere alle conclusioni. Si nota infatti che Svevo ricostruisce la propria esperienza e la propria vita: Zeno stesso comprende l'essenza del mondo grazie ai successi nella vita borghese.

Ammetto che per avere la persuasione della salute il mio destino dovette mutare e scaldare il mio organismo con la lotta e soprattutto col trionfo. Fu il mio commercio che mi guarì e voglio che il dottor S. lo sappia.

Attonito e inerte, stetti a guardare il mondo sconvolto, fino al principio dell'Agosto dell'anno scorso. Allora io cominciai a comperare. Sottolineo questo verbo perché ha un significato più alto di prima della guerra. In bocca di un commerciante, allora, significava ch'egli era disposto a comperare un dato articolo. Ma quando io lo dissi, volli significare ch'io ero compratore di qualunque merce che mi sarebbe stata offerta. Come tutte le persone forti, io ebbi nella mia testa una sola idea e di quella vissi e fu la mia fortuna. L'Olivì non era a Trieste, ma è certo ch'egli non avrebbe permesso un rischio simile e lo avrebbe riservato agli altri. Invece per me non era un rischio. Io ne sapevo il risultato felice con piena certezza. Dapprima m'ero messo, secondo l'antico costume in epoca di guerra, a convertire tutto il patrimonio in oro, ma v'era una certa difficoltà di comperare e vendere dell'oro. L'oro per così dire liquido, perché più mobile, era la merce e ne feci incetta. Io effettuai di tempo in tempo anche delle vendite ma sempre in misura inferiore agli acquisti. Perché cominciai nel giusto momento i miei acquisti e le mie vendite furono tanto felici che queste mi davano i grandi mezzi di cui abbisognavo per quelli.

Con grande orgoglio ricordo che il mio primo acquisto fu addirittura apparentemente una sciocchezza e inteso unicamente a realizzare subito la mia nuova idea: una partita non grande d'incenso. Il venditore mi vantava la possibilità d'impiegare l'incenso quale un surrogato della resina che già cominciava a mancare, ma io quale chimico sapevo con piena certezza che l'incenso mai più avrebbe potuto sostituire la resina di cui era differente toto genere. Secondo la mia idea il mondo sarebbe arrivato ad una miseria tale da dover accettare l'incenso quale un surrogato della resina. E comperai!

Pochi giorni or sono ne vendetti una piccola parte e ne ricavai l'importo che m'era occorso per appropriarmi della partita intera. Nel momento in cui incassai quei denari mi si allargò il petto al sentimento della mia forza e della mia salute.
[La coscienza di Zeno]

In fine del romanzo Svevo situa un testo che è indicativo del modo in cui i lottatori non osservano, ma agiscono semplicemente senza dare molto rilievo al riflettere. Ciò porta ad una malattia generalizzata del mondo, come si evince dagli ultimi passi del romanzo.

Nonostante tutto, anche se Zeno ha riconosciuto la mentalità malata del mondo e vi si adegua, ciò non significa che la accetti o che non la critichi: questo è il distacco ironico che gli è stato ispirato dalla letteratura inglese che gli permette una visione della vita più aperta sebbene ne debba comunque subire i vincoli.

La vita attuale è inquinata alle radici. L'uomo s'è messo al posto degli alberi e delle bestie ed ha inquinata l'aria, ha impedito il libero spazio. Può avvenire di peggio. Il triste e attivo animale potrebbe scoprire e mettere al proprio servizio delle altre forze. V'è una minaccia di questo genere in aria. Ne seguirà una grande ricchezza... nel numero degli uomini. Ogni metro quadrato sarà occupato da un uomo. Chi ci guarirà dalla mancanza di aria e di spazio? Solamente al pensarci soffoco!

Ma non è questo, non è questo soltanto.

Qualunque sforzo di darci la salute è vano. Questa non può appartenere che alla bestia che conosce un solo progresso, quello del proprio organismo. Allorché la rondinella comprese che per essa non c'era altra possibile vita fuori dell'emigrazione, essa ingrossò il muscolo che muove le sue ali e che divenne la parte più considerevole del suo organismo. La talpa s'interrò e tutto il suo corpo si conformò al suo bisogno. Il cavallo s'ingrandì e trasformò il suo piede. Di alcuni animali non sappiamo il progresso, ma ci sarà stato e non avrà mai leso la loro salute.

Ma l'occhialuto uomo, invece, inventa gli ordigni fuori del suo corpo e se c'è stata salute e nobiltà in chi li inventò, quasi sempre manca in chi li usa. Gli ordigni si comperano, si vendono e si rubano e l'uomo diventa sempre più furbo e più debole. Anzi si capisce che la sua furbizia cresce in proporzione della sua debolezza. I primi suoi ordigni parevano prolungazioni del suo braccio e non potevano essere efficaci che per la forza dello stesso, ma, oramai, l'ordigno non ha più alcuna relazione con l'arto. Ed è l'ordigno che crea la malattia con l'abbandono della legge che fu su tutta la terra la creatrice. La legge del più forte sparì e perdemmo la selezione salutare. Altro che psicoanalisi ci vorrebbe: sotto la legge del possessore del maggior numero di ordigni prospereranno malattie e ammalati.

Forse traverso una catastrofe inaudita prodotta dagli ordigni ritorneremo alla salute. Quando i gas velenosi non basteranno più, un uomo fatto come tutti gli altri, nel segreto di una stanza di questo mondo, inventerà un esplosivo incomparabile, in confronto al quale gli esplosivi attualmente esistenti saranno considerati quali innocui giocattoli. Ed un altro uomo fatto anche lui come tutti gli altri, ma degli altri un po' più ammalato, ruberà tale esplosivo e s'arrampicherà al centro della terra per porlo nel punto ove il suo effetto potrà essere il massimo. Ci sarà un'esplosione enorme che nessuno udrà e la terra ritornata alla forma di nebulosa errerà nei cieli priva di parassiti e di malattie."

[La coscienza di Zeno]

In questa conclusione Zeno proclama che la vita attuale è inquinata alle radici e per questo non può essere curata ma può solo degenerare. Infatti il mercato capitalistico imprime all'esistenza un'agonia che può solo peggiorare: inizialmente l'uomo ha inquinato il mondo ed l'ha colonizzato senza rispetto e senza pietà. Successivamente gli uomini hanno iniziato a combattere tra loro, ideando ordigni sempre più pericolosi e potenti. Svevo immagina che un uomo riuscirà a creare un esplosivo immensamente potente e che un altro uomo, ancora più malvagio, lo utilizzerà per distruggere l'umanità. Ironicamente Svevo conclude il suo romanzo affermando che questo è l'unico modo per far tornare la salvezza nel mondo.

Questa visione combacia perfettamente con il resto del romanzo, nel quale i lottatori non concepiscono che sarà proprio il loro atteggiamento che li porterà alla distruzione. L'uomo, grazie alla scienza, non ha più limiti riguardo alle possibili armi da utilizzare per la distruzione del mondo, ma conserva ancora tutti quei desideri tipici del regno animale che lo porteranno all'annullamento della razza umana. Svevo analizza i mali compiuti dall'uomo fino ad allora e compie una previsione basata sulla sua visione del mondo: 22 anni dopo la pubblicazione di questo romanzo, quasi per confermare la veridicità dell'idea Sveviana, viene sganciata la prima bomba atomica su Hiroshima.

Per questo molti critici parlano di un pessimismo profetico e anticipatore di queste pagine, anche se altri, come Salvatore Guglielmino, affermano che:

“La lettura di questa pagina, per mantenersi coerente col mondo poetico dello scrittore, mi sembra essere un'altra. Soltanto la fine del mondo potrebbe liberarci dalla malattia. L'uomo moderno, represso dalla inconsapevolezza del proprio stato, incapace d'ironia, non può produrre che catastrofi. Artifici, menzogne ed impotenza vanno di pari passo. L'unica età dell'oro possibile sulla terra è quella dell'uomo che accetta la precarietà ed il condizionamento prepotente della vita. Tolleranza, autocoscienza e ironia sono le vie possibili, a portata di mano, della salvezza.” [La coscienza di Zeno]

Personalmente considero queste ultime riflessioni una chiave di lettura distorta, che devia dal concetto originale dell'idea di Svevo. Egli infatti ritiene che la società compia azioni ingiuste in quanto malata. Il modo in cui questa già all'epoca degradava e rovinava il mondo si abbina perfettamente col concetto di colpevole distruzione della terra, come conseguenza inevitabile.

Nel dibattito odierno riguardo l'utilizzo dell'energia nucleare le voci contro questa forma di energia provengono da molti scienziati e addetti ai lavori che basano le proprie logiche su dati concreti e assodati. Ad essi si affiancano molti poeti che ritengono la nostra una società totalmente inaffidabile, inadatta per congegni altamente pericolosi.

A mio parere il referendum dell'87 non è stata una scelta realmente ponderata, ma semplicemente un riflesso del disastro di Chernobyl appena avvenuto. Questa scelta, pur se principalmente emotiva, si è però rivelata saggia per molti motivi, primo tra tutti quello del problema dello smaltimento delle scorie radioattive seguito a ruota dal problema di disfunzioni nei reattori che possono rilasciare elementi tossici nell'ambiente. Nonostante gli studi teorici dimostrino l'impossibilità di un disastro ambientale con delle centrali di terza generazione, vi sono continue perdite e contaminazioni da moltissimi reattori.

Le voci che sostengono l'utilizzo del nucleare si basano principalmente su osservazioni poco accurate dei danni provocati dalle centrali e sul rifiuto quasi totale dei dati pratici e dimostrati. Sebbene vi sia la credenza molto diffusa che le centrali nucleari forniscano energia economicamente vantaggiosa, ciò non è supportato da nessun dato teorico. Le rilevazioni oggettive affermano anzi il contrario e si deve inoltre tenere conto del fatto che in media i costi di produzione effettivi delle centrali nucleari sono generalmente doppi rispetto a quelli previsti.

Anche molti stati europei si sono resi conto delle forti problematiche legate a questo tipo di energia, tanto che stanno introducendo delle leggi che sfavoriscano o blocchino le centrali a fissione. Molti altri inoltre si stanno accingendo a dismettere le centrali nucleari: recentemente la Germania nel 2001, mentre probabilmente il prossimo sarà la Svizzera che non avrà più centrali dal 2014. L'Italia procede, invece, in direzione contraria proponendo come una soluzione innovativa ciò che è oramai sconveniente, inquinante e obsoleto. Infatti si prevede che, mantenendo le centrali attuali l'uranio nella terra finirà nel 2035, ma se vi fosse la volontà da parte degli stati di costruire nuove centrali, sarebbe esaurito già nel 2026.

Da uno studio del Dipartimento dell'Energia degli USA che opera un confronto tra nucleare e fotovoltaico è emerso che, se tutte le centrali nucleari americane fossero sostituite con pannelli fotovoltaici il costo del cambiamento sarebbe ripagato in circa quindici anni nella peggiore delle ipotesi tenendo conto del fatto che le centrali nucleari necessitano di immense spese per essere mantenute.

Fortunatamente per il nostro pianeta alcuni tra gli stati più industrializzati si stanno muovendo in questa direzione. Purtroppo l'Italia sembra destinata ad essere il fanalino di coda ancora per molto tempo.

Letteratura Inglese:

L'esplicita denuncia
morale di Brown ai
responsabili delle
catastrofi

5 THE WEAPON

Fredric Brown (1906 – 1972) was an American science fiction and mystery writer.

The short story I want to analyze was written in 1951 and it speaks about the meeting between Dr Graham, a scientist who is working on an “Ultimate Weapon”, and Mr Niemand, a person who wants to persuade Graham to stop the research on this deadly weapon, because he knows that the human beings are not reliable.

The room was quiet in the dimness of early evening. Dr. James Graham, key scientist of a very important project, sat in his favorite chair, thinking. It was so still that he could hear the turning of pages in the next room as his son leafed through a picture book.

Often Graham did his best work, his most creative thinking, under these circumstances, sitting alone in an unlighted room in his own apartment after the day's regular work. But tonight his mind would not work constructively. Mostly he thought about his mentally arrested son--his only son--in the next room. The thoughts were loving thoughts, not the bitter anguish he had felt years ago when he had first learned of the boy's condition. The boy was happy; wasn't that the main thing? And to how many men is given a child who will always be a child, who will not grow up to leave him? Certainly that was rationalization, but what is wrong with rationalization when-- The doorbell rang.

Graham rose and turned on lights in the almost-dark room before he went through the hallway to the door. He was not annoyed; tonight, at this moment, almost any Interruption to his thoughts was welcome.

He opened the door. A stranger stood there; he said, "Dr. Graham? My name is Niemand; I'd like to talk to you. May I come in a moment?"

Graham looked at him. He was a small man, nondescript, obviously harmless--possibly a reporter or an insurance agent.

But it didn't matter what he was. Graham found himself saying, "Of course. Come in, Mr. Niemand." A few minutes of conversation, he justified himself by thinking, might divert his thoughts and clear his mind.

"Sit down," he said, in the living room. "Care for a drink?"

Niemand said, "No, thank you." He sat in the chair; Graham sat on the sofa.

The small man interlocked his fingers; he leaned forward. He said, "Dr. Graham, you are the man whose scientific work is more likely than that of any other man to end the human race's chance for survival."

A crackpot, Graham thought. Too late now he realized that he should have asked the man's business before admitting him. It would be an embarrassing interview--he disliked being rude, yet only rudeness was effective.

"Dr. Graham, the weapon on which you are working--"

The visitor stopped and turned his head as the door that led to a bedroom opened and a boy of fifteen came in. The boy didn't notice Niemand; he ran to Graham.

"Daddy, will you read to me now?" The boy of fifteen laughed the sweet laughter of a child of four.

Graham put an arm around the boy. He looked at his visitor, wondering whether he had known about the boy. From the lack of surprise on Niemand's face, Graham felt sure he had known.

"Harry"--Grab am's voice was warm with affection "Daddy's busy. Just for a little while. Go back to your room; I'll come and read to you soon."

"Chicken Little? You'll read me Chicken Little?"

"If you wish. Now run along. Wait. Harry, this is Mr. Niemand."

The boy smiled bashfully at the visitor. Niemand said, "Hi, Harry," and smiled back at him, holding out his hand. Graham, watching, was sure now that Niemand had known: the smile and the gesture were for the boy's mental age, not his physical one.

The boy took Niemand's hand. For a moment it seemed that he was going to climb into Niemand's lap, and Graham pulled him back gently. He said, "Go to your room now, Harry."

The boy skipped back into his bedroom, not closing the door.

Niemand's eyes met Graham's and he said, "I like him," with obvious sincerity. He added, "I hope that what you're going to read to him will always be true."

Graham didn't understand. Niemand said, "Chicken Little, I mean. It's a fine story--but may Chicken Little always be wrong about the sky falling down."

Graham suddenly had liked Niemand when Niemand had shown liking for the boy. Now he remembered that he must close the interview quickly. He rose, in dismissal.

He said, "I fear you're wasting your time and mine, Mr. Niemand. I know all the arguments,

everything you can say I've heard a thousand times. Possibly there is truth in what you believe, but it does not concern me. I'm a scientist, and only a scientist. Yes, it is public knowledge that I am working on a weapon, a rather ultimate one. But, for me personally, that is only a by-product of the fact that I am advancing science. I have thought it through, and I have found that that is my only concern."

"But, Dr. Graham, is humanity ready for an ultimate weapon?"

Graham frowned. "I have told you my point of view, Mr. Niemand."

Niemand rose slowly from the chair. He said, "Very well, if you do not choose to discuss it, I'll say no more." He passed a hand across his forehead. "I'll leave, Dr. Graham. I wonder, though . . . may I change my mind about the drink you offered me?"

Graham's irritation faded. He said, "Certainly. Will whisky and water do?"

"Admirably."

Graham excused himself and went into the kitchen. He got the decanter of whisky, another of water, ice cubes, glasses.

When he returned to the living room, Niemand was just leaving the boy's bedroom. He heard Niemand's "Good night, Harry," and Harry's happy " 'Night, Mr. Niemand."

Graham made drinks. A little later, Niemand declined a second one and started to leave.

Niemand said, "I took the liberty of bringing a small gift to your son, doctor. I gave it to him while you were getting the drinks for us. I hope you'll forgive me."

"Of course. Thank you. Good night."

Graham closed the door; he walked through the living room into Harry's room. He said, "All right, Harry. Now I'll read to..."

There was sudden sweat on his forehead, but he forced his face and his voice to be calm as he stepped to the side of the bed. "May I see that, Harry?" When he had it safely, his hands shook as he examined it.

He thought, only a madman would give a loaded revolver to an idiot.

In this short story there are some interesting features that make it very modern and meaningful. This short story was written after the 2nd World War, and so after the use of the atomic bomb. Brown is developing a weapon which should be more powerful than the atomic bomb and so, even if the context is different this story has something in common with the last chapter of "la coscienza di Zeno" written by Italo Svevo. Infact, as it happens with all the greatest scientific inventions, there are people who are worried because the men are not able to deal with inventions which could destroy the whole world. In this short story this idea is introduced by Niemand who is at Graham's trying to persuade him not to develop this weapon. At the end Niemand uses a metaphor to explain his point of view: he gives a loaded revolver to Graham's retarded child. Infact this is Niemand's idea of the ultimate weapon: it's too dangerous and Graham mustn't give it to the human beings. In the same way a retarded child shouldn't have a loaded revolver to play with, and Graham takes it away from him. The message conveyed by this story is that the human beings are too immature and unreliable to have an ultimate weapon, as a retarded child is too immature to have a loaded revolver. The end of this short story is interesting because it's open: we don't know if Graham really understands what Niemand wants to tell him. It seems that Graham still doesn't feel responsible for what people may do with the knowledge he is giving them. According to most of the readers, Graham doesn't understand Niemand's warning and he will finish his weapon, thus condemning the world to self-destruction.

6 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA:

- A. Post Baracchi, A. Tagliabue, *Chimica progetto modulare*, Torino, Lattes & C. Editori, 2003
- M.E. Bergamaschini, P. Marazzini, L. Mazzoni, *L'indagine del mondo fisico volume E*, Milano, Carlo Signorelli Editore, 2001
- James S. Walker, *Fisica volume terzo*, Bologna, Zanichelli, 2004
- R. Verna, P. Papa, M. Vian, C. Verna, *Mondi letterari*, Torino, Paravia, 2003
- Luciano Maiani, "Quando abbiamo dovuto uccidere il Re", *Le scienze*, Milano, n° 472, Aprile 2008, 42, 45
- Graham P. Collins, "La macchina delle scoperte", *Le scienze*, Milano, n° 472, Aprile 2008, 46, 53
- Roberto Petronzio "L'Italia nel Large Hadron Collider", *Le scienze*, Milano, n° 472, Aprile 2008, 54, 55
- Chris Quigg "L'immanente rivoluzione della fisica delle particelle", *Le scienze*, Milano, n° 472, Aprile 2008, 56, 63
- Barry Barish, Nicholas Walker, Hitoshi Yamamoto, "L'eredità di LHC", *Le scienze*, Milano, n° 472, Aprile 2008, 64, 69
- Giovanni Valentini, "Rubbia: Né petrolio né carbone soltanto il sole può darci energia", *La repubblica*, 30 marzo 2008, 24
- Riccardo Staglianò, "Rifkin l'energia fai-da-te Così ci salveremo dal Nucleare", *La repubblica*, 7 giugno 2008, 39
- "il nucleare di cui si parla e che non si farà mai", *La repubblica*, 13 giugno 2008, 40

- Wikipedia, Italiano

<http://it.wikipedia.org/>

Voci consultate: John Dalton, Joseph John Thomson, Ernest Rutherford, Niels Bohr, James Chadwick, Carl David Anderson, Owen Chamberlain, Emilio Segrè, Murray Gell-Mann, Storia della chimica, chimica nucleare, nucleo atomico, Fisica nucleare e subnucleare, Quark, particella, Carica di colore, Sapore, Cromodinamica quantistica, Gluone, Glueball, Tetraquark, Pentaquark, Lista delle particelle, Leptone, Bosone, Gluone, Tauone, Muone, Elettrone, Fotone, adrone, barione, mesone, $E=mc^2$, modo di decadimento, decadimento alfa, decadimento beta, decadimento gamma, doppio decadimento beta, radioattività, reazione nucleare, fisica nucleare, fissione nucleare, Reattore nucleare a fissione, Reattore a fissione nucleare naturale, Energia nucleare, Bomba atomica, Materiale fissile, Centrale nucleare, Bomba all'idrogeno, Reattore nucleare veloce autofertilizzante, Arma nucleare, Reattore nucleare a temperatura molto alta, Ingegneria nucleare, Massa critica (fisica), Reattore nucleare RBMK, Reattore nucleare di III generazione, Reattore nucleare di IV generazione, Fusione nucleare, ITER, Fisica del plasma, bombe all'idrogeno, Bomba al cobalto, Fusione fredda, Sonoluminescenza, medicina nucleare, scintigrafia, Tecnezio, Tomografia, stratigrafia, radiografia convenzionale, tomografia computerizzata, tomografia a emissione di positroni, radioterapia, Tumore, chemioterapia, La coscienza di Zeno, Italo Svevo.

- Wikipedia, Inglese

<http://en.wikipedia.org/>

Voci consultate: Rusi Taleyarkhan, Scientific misconduct

- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

<http://scienzapertutti.infn.it/>

- Legambiente

<http://www.legambiente.eu/>

documento: "[I più comuni luoghi comuni sul nucleare](#)"

http://www.legambiente.eu/documenti/2008/0404_cernobyl/0418_LuoghiComuniCernobyl.pdf

documento: "[i problemi irrisolti del nucleare a vent'anni dal referendum](#)"

http://www.legambiente.eu/documenti/2007/1106_dossierNucleare/1106_dossier_i_problemi_irrisolti_del_nucleare.pdf

- GreenPeace <http://www.greenpeace.org/>
documento: “[the energy \[r\]evolution](#)”
- FisicaOnLine, sezione di fisica moderna <http://www.fisicaweb.org/>
- U.S. Department of energy <http://www.sc.doe.gov/>
documento di indagine sui costi sostenuti per l'energia nucleare
http://www.sc.doe.gov/bes/reports/files/ANES_rpt.pdf
documento di indagine sui costi sostenuti per l'energia fotovoltaica
http://www.sc.doe.gov/bes/reports/files/SEU_rpt.pdf
- Tesina già svolta di Isabel Bresciani:
http://lnx.matematicamente.it/tesine/Isabel_Bresciani-L.energia_nucleare.zip
- Commento riguardo il romanzo *La coscienza di Zeno* da parte del prof. Luigi Gaudio:
<http://www.atuttascuola.it/risorse/italiano/analisi/svevo.htm>
- Centri di discussione riguardo il problema nucleare:
http://discutendo.ilcannocchiale.it/?id_blogdoc=1915717
http://candido.ilcannocchiale.it/?id_blogdoc=1917989
- Luogo di discussione riguardo alla breve storia *The Weapon*
<http://www.able2know.org/forums/viewtopic.php?t=2392>