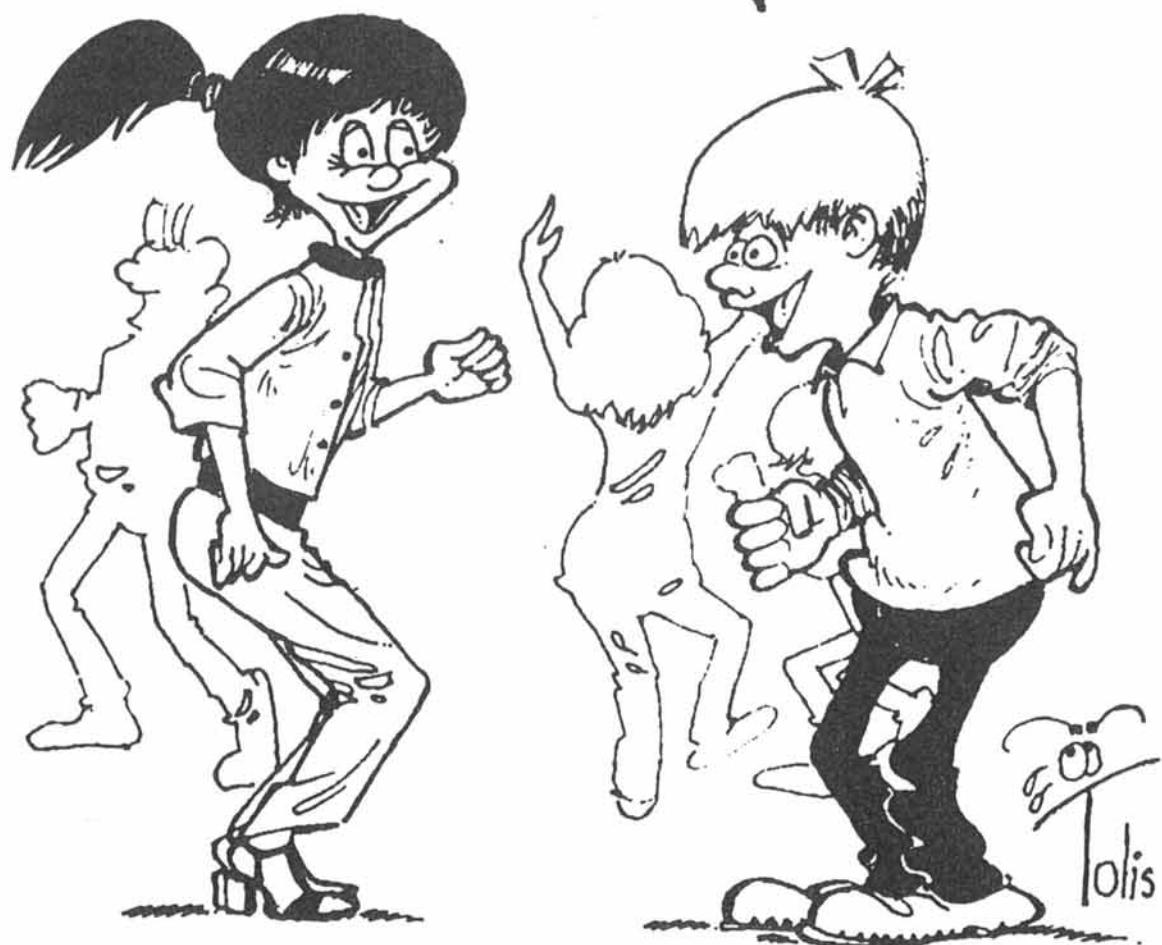


*Και όμως υπάρχουν
κάποιοι δεσμοί
που έχουν ενδιαφέρον !!!*

*Τοιοι ;
Οι χιρικοί δεσμοί ;*



ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ ΣΕ ΒΑΦΤΙΣΙΑ

Η I.U.P.A.C. (Διεθνής Ένωση Θεωρητικής και Εφαρμοσμένης Χημείας), έχει δεσπόσει ορισμένους κανόνες μέχρι να ονομαστεί επίσημα ένα καινούργιο στοιχείο που ανακαλύπτεται.

1. Τα ονόματα δα δείχνουν τον ατομικό αριθμό του στοιχείου με ένα συνδυασμό αριθμητικών συντμήσεων :

1 = un	2 = bi	3 = tri	4 = quad	5 = pent
6 = hex	7 = sept	8 = oct	9 = enn	0 = nil

2. Η κατάληξη δα είναι -ium.

3. Το σύμβολο δα αποτελείται από τρία γράμματα, με βάση τα αρχικά των αριθμητικών συντμήσεων. π.χ.

Για το στοιχείο 114 που δεν έχει ακόμα ανακαλυφθεί, υπάρχει το "προσωρινό όνομα":

Un - Un - quad - ium και σύμβολο Uuq.

1 - 1 - 4 (κατάληξη)

ΕΦΑΡΜΟΓΗ : Να ονομαστούν σύμφωνα με την προσωρινή ονομασία της IUPAC τα στοιχεία με $Z = 112$ και $Z = 116$.

KAI TO ONOMA
AYTOY...



DIMITRI MENDELEEV (1834 - 1907) : Η ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

Γεννήθηκε στη Σιβηρία και ήταν το νεότερο από 17 παιδιά. Παρακολούθησε μαθήματα Χημείας στο Πανεπιστήμιο της Πετρούπολης και το 1860, στο Διεθνές Συνέδριο των Χημικών στην Καρλσρούη, άκουσε τον Ιταλό χημικό Cannizzaro να αναπτύσσει μια ακριβή μέθοδο για την εύρεση των ατομικών βαρών. Αυτό ήταν ένα από τα πρώτα ερεδίσματα που δέχτηκε, μέχρι να φτάσει στο μεγάλο επίτευγμά του :

τη συστηματοποίηση της ανόργανης χημείας.

Το 1867, καθηγητής Χημείας πια στο Πανεπιστήμιο της Πετρούπολης, γράφοντας ένα βιβλίο για τους

φοιτητές, είχε καταγράψει σε κάρτες τις ιδιότητες κάθε στοιχείου. Εξετάζοντας τις κάρτες, μπόρεσε να κατατάξει τα στοιχεία με βάση την περιοδική επανάληψη των ιδιοτήτων αυτών.

Το 1869 δημοσίευσε τον περιοδικό του πίνακα, έχοντας την τύχη να προλάβει για λίγους μήνες τον Γερμανό Meyer, ο οποίος δουλεύοντας ανεξάρτητα και παίρνοντας σαν βάση τις φυσικές ιδιότητες, ανέπτυξε έναν παρόμοιο περιοδικό πίνακα. Ήτσι, ο Dimitri Mendeleev πέρασε στην ιστορία σαν ο "πατέρας" του περιοδικού πίνακα.



ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ: Η ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΑΘΕ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ - και όχι μόνο ...

Όταν ένα στοιχείο βομβαρδίζεται με πλεκτρόνια υγιεινής ενέργειας, εκπέμπει ακτίνες X, ένα είδος πλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με διεισδυτικότητα και υγιεινή ενέργεια. Αυτό που είναι ενδιαφέρον είναι ότι κάθε στοιχείο εκπέμπει το δικό του χαρακτηριστικό φάσμα ακτίνων X, δηλαδή καταγράφονται μόνον ορισμένες συχνότητες.

Το 1912, ο Henry Moseley μελετούσε τη σχέση ανάμεσα στις συχνότητες των ακτίνων X και τη δέση ενός στοιχείου στον Περιοδικό Πίνακα. Δεν βρέθηκε σχέση ανάμεσα στο AB και τις συχνότητες, αλλά ο Moseley βρήκε ότι η συχνότητα ήταν ανάλογη ενός αριθμού που ήταν ο ίδιος με τον αριθμό δέσης του στοιχείου στον Περιοδικό Πίνακα. Αυτός ο ακέραιος είναι ο **ατομικός αριθμός** του στοιχείου. Η ανακάλυψη αυτή του Moseley επέτρεψε στους επιστήμονες την πειραματική μέτρηση των ατομικών αριθμών νέων στοιχείων και να βρούν τις σωστές τους δέσεις στον Π.Π. Ο Moseley πέθανε το 1915, μόλις 27 ετών, κατά τη διάρκεια της Βρετανικής εισβολής στην Καλλίπολη της Τουρκίας. Ο δάνατός του οδήγησε στο γεγονός να απαλλαγούν οι Βρετανοί επιστήμονες από μάχιμες υπηρεσίες στον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο.



Η ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΚΤΙΝΙΔΕΣ . . .

Το τελευταίο στοιχείο της σειράς των ακτινιδών είναι το Λωρένσιο ($_{103}^{180}\text{Lr}$), που παρασκεύαστηκε το 1961 από τον **Albert Chiaro** και τους συνεργάτες του T. Sikkeland και A.E. Larsch στο Πανεπιστήμιο του Berkeley.

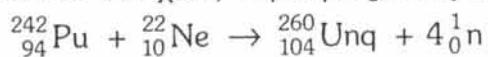
Ήταν μόλις το δεύτερο υπερουράνιο στοιχείο από τα έντεκα (11), στην ανακάλυψη του οποίου δεν συνέθαλε ο Glenn Seaborg (το άλλο στοιχείο ήταν το Nr : νεπτούνιο, ποσειδώνιο).

Παρασκευάστηκε με βομβαρδισμό καλιφορνίου (Cf) με πυρήνες βορίου (B) και ονομάστηκε έτσι, προς τιμή του E. Lawrence, εφευρέτη του κύκλοτρου (επιταχυντή σωματιδίων) και ιδρυτή του Radiation Laboratory στην Καλιφόρνια, όπου ανακαλύφθηκαν τα περισσότερα υπερουράνια στοιχεία.

. . . ΚΑΙ Η ΣΥΝΕΧΕΙΑ (ΤΑ ΝΕΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ)

104 Rutherfordium

Το 1964, Ρώσοι επιστήμονες στο Joint Nuclear Research Institute στην πόλη Dubna, παρασκεύασαν το στοιχείο, βομβαρδίζοντας πλουτώνιο (Pu) με πυρήνες νέου (Ne)



Από την άλλη μεριά, οι Αμερικανοί επιστήμονες στο Berkeley, έχοντας δυσκολίες στην επιτάχυνση των πυρήνων νέου (Ne), έφτασαν το 1969 σε άλλη μέθοδο παρασκευής, βομβαρδίζοντας καλιφόρνιο (Cf) με ισότοπα ^{12}C και ^{13}C π.χ.



Από τα ισότοπα του στοιχείου 104 που παρασκευάστηκαν, το μεγαλύτερο χρόνο υποδιπλασιασμού έχει το $\text{Ung}-261$: 65 sec.

105 *Hanium* ή *Dubnium*

Το 1965, πρώτοι οι Ρώσοι ισχυρίστηκαν ότι παρασκεύασαν λίγα άτομα $\text{Unp}-260$ και $\text{Unp}-261$, βομβαρδίζοντας αμερίκιο (Am) με πυρήνες νέου (Ne). Τον Απρίλιο του 1970, έγινε η επίσημη ανακοίνωση. Άγνωστο γιατί, δεν πρότειναν όνομα.

Λίγους μήνες αργότερα, μια ομάδα Αμερικανών επιστημόνων έκανε τη δική της ανακοίνωση, ισχυρίζόμενη ότι μπορεί να αποδείξει την παρασκευή του Unp τον Μάρτιο του 1970, δηλαδή νωρίτερα από την επίσημη ανακοίνωση των Ρώσων, με βομβαρδισμό καλιφορνίου (Cf) με πυρήνες αζώτου.

Το ισότοπο με το μεγαλύτερο χρόνο υποδιπλασιασμού είναι το $\text{Unp}-262 : 34 \text{ sec.}$

106 *Seaborgium*

Το 1974, Ρώσοι και Αμερικανοί επιστήμονες με διαφορά τριών (3) μηνών ανακοίνωσαν την παρασκευή του Unh , οι μεν βομβαρδίζοντας ισότοπα μολύβδου (Pb) με πυρήνες χρωμίου (Cr), οι δε βομβαρδίζοντας καλιφόρνιο-249 (Cf) με πυρήνες οζυγόνου.

Το όνομα που του δόθηκε ήταν προς τιμή του Glenn Seaborg.

Το ισότοπο με το μεγαλύτερο χρόνο υποδιπλασιασμού είναι το $\text{Unh}-263 : 0,8 \text{ sec.}$

107 *Nilsbohrium* ή *Bohrium*

Παρασκευάστηκε από Ρώσους επιστήμονες το 1976 με βομβαρδισμό βισμουθίου-204 με πυρήνες χρωμίου. Αργότερα, παρασκευάστηκε και από Γερμανούς επιστήμονες στο Heavy Ion Research Laboratory, στο Darmstadt.

Το ισότοπο με το μεγαλύτερο χρόνο υποδιπλασιασμού είναι το $\text{Uns}-262 : 0,1 \text{ sec.}$

108 *Hassium*

Παρασκευάστηκε από Γερμανούς επιστήμονες το 1984 στο Heavy Ion Research Laboratory, στο Darmstadt.

Το όνομα που πήρε είναι όνομα του κρατιδίου που ανήκει το Darmstadt.

Το ισότοπο $\text{Uno}-265$ έχει χρόνο υποδιπλασιασμού $2 \cdot 10^{-3} \text{ sec.}$

109 *Meitnerium*

Παρασκευάστηκε από Γερμανούς επιστήμονες το 1982, που βομβάρδιζαν βισμούθιο-209 με πυρήνες σιδήρου (Fe) επί μια εβδομάδα, παρασκευάζοντας ένα άτομο $^{266}_{109}\text{Une}$.

Η ονομασία δόθηκε προς τιμή της Αυστριακής Lise Meitner, συνεργάτιδας του Otto Hahn.

Το $\text{Une}-266$ έχει χρόνο υποδιπλασιασμού $3 \cdot 10^{-3} \text{ sec.}$

110 *Ununnilium* (*Uun*)
111 *Unupunium* (*Uuu*)
112 *Ununbium* (*Uub*)

Και τα τρία στοιχεία παρασκευάστηκαν στο Darmstadt.
 Τα στοιχεία 110 και 111 το 1994 και το στοιχείο 112 το 1996 από διεθνή ομάδα επιστημόνων υπό τον *Sigurd Hoffmann*.

Βαδίζοντας προς τα δεξιά στην 7η περίοδο, έχουμε όλο και πιο ασταθή ισότοπα. Άλλα μερικοί επιστήμονες πιστεύουν ότι γύρω από το στοιχείο 114 (*Ununquadium*) θα υπάρξει μια νησίδα σταθερότητας και τα στοιχεία αυτά θα έχουν σχετικά μεγάλους χρόνους υποδιπλασιασμού.

TABELLE II

REIHEN	GRUPPE I. — R ₂ O	GRUPPE II. — RO	GRUPPE III. — R ₂ O ₃	GRUPPE IV. RH ₄ RO ₂	GRUPPE V. RH ₃ R ₂ O ₅	GRUPPE VI. RH ₂ RO ₃	GRUPPE VII. RH R ₂ O ₇	GRUPPE VIII. — RO ₄
1	H = 1							
2	Li = 7	B = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63.
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87	? Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108.
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	J = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	? Di = 138	? Ce = 140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	? Er = 178	? Lg = 180	Tg = 182	W = 184	—	Os = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199.
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	— — — —
12	—	—	—	Th = 231	—	U = 240	—	



Ο Περιοδικός μου Τίγρακας,
που τυπώθηκε το 1872.
Παρατηρήστε ότι
υπάρχουν τα κενά
για τα στοιχεία με
ατομικά βάρη
44, 68, 72 και 100.
Τώς θα είναι άραγε
ο Περιοδικός
Τίγρακας του 2072;

ΘΑ ΥΠΑΡΞΕΙ ΕΝΑΣ ΝΕΟΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ :

Οι περίοδοι είναι επτά, οι εξής . . . εννιά ! (και πάει πέγοντας . . .)

Η δομή ενός νέου περιοδικού πίνακα βασίζεται στο ότι θα υπάρξουν σειρές υπερβαρέων στοιχείων αντίστοιχη με τις λανθανίδες και τις ακτινίδες. Δηλαδή, μετά τη συμπλήρωση της 7ης περιόδου με το στοιχείο 118 (Ununoctium), που θα είναι ευγενές, θα υπάρξει ένα αλκαλιο το στοιχείο 119, μια αλκαλική γαία, το στοιχείο 120 και στη συνέχεια μετά το στοιχείο 121, τα στοιχεία 122-153 θα τοποθετηθούν στο παράρτημα κ.ο.κ.

Μέχρι που μπορούμε να προχωρήσουμε ;

Όσο αυξάνονται οι ατομικοί αριθμοί, οι δυνάμεις που θα χρειάζονται για να συγκρατήσουν τα πρωτόνια και τα νετρόνια στον πυρήνα ή τα πλεκτρόνια στα τροχιακά τους, θα ήταν αφάνταστα μεγάλες . . .

IA																0 2 He			
1	H	IIA																	
2	Li	4	Be																
3	Na	12	Mg	IIIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	—	VIII	—	IB	IIB	13	Al	14	Si		
4	K	20	Ca	21	Sc	22	Tl	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co		
5	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Pd		
6	Cs	56	Ba	57	La	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir		
7	Fr	88	Ra	89	Ac	104	Rf	105	Ha	106	Unh	107	Uns	108	Uno	109	Une		
8	Uue	119	Ubn	121	Ubu	154	Upq	155	Upp	156	Uph	157	Ups	158	Upo	159	Upe		
6		58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb		
7		90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk		
8		122	Ubb	123	Ubt	124	Ubq	125	Ubp	126	Ubh	127	Ubs	128	Ubo	129	Ube		
8		135	Utp	136	Uth	137	Uts	138	Uto	139	Ute	140	Uqn	141	Uqu	142	Uqb		
8		143	Uqt	144	Uqq	145	Uqp	146	Uqh	147	Uqs	148	Uqo	149	Uqe	150	Upn		
8		151	Upr	152	Upb														

Ένας περιοδικός πίνακας από το μέλλον :
 περιλαμβάνει τα υπερβαρέα στοιχεία που έχουν ατομικούς αριθμούς 108 έως 168.
 Προσέξτε τα νέα παραρτήματα που δημιουργούνται.

ΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΣΜΟΙ : ΤΟ ΔΕΣΙΜΟ ΤΗΣ ΓΡΑΒΑΤΑΣ

Όταν έγιναν γνωστές οι ατομικές θεωρίες του Rutherford και του Bohr, ήρθε και η ώρα για την εξήγηση των χημικών δεσμών.

Στην πραγματικότητα, ακόμα και πριν διατυπωθούν πλήρως οι βασικές αρχές της ατομικής θεωρίας, οι Kossel και Lewis, ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο είχαν εκδέσει την άποψη ότι τα στοιχεία ενώνονται μεταξύ τους για να αποκτήσουν τη σταδερή δομή των ευγενών αερίων, είτε αποθάλλοντας και προσλαμβάνοντας ηλεκτρόνια, είτε συνεισφέροντάς τα αμοιβαία.

Ο Γερμανός *Walter Kossel* (1888-1956) ήταν καθηγητής στα πανεπιστήμια του Kiel και του Danzig και από το 1947 στο Tübingen. Συνέβαλε αποφασιστικά στην αποσαφήνιση του Περιοδικού Πίνακα και στην ερμηνεία του ιοντικού δεσμού.

Το 1934 ανακάλυψε το "φαινόμενο Kossel", σύμφωνα με το οποίο, όταν μια πηγή ακτίνων X βρίσκεται μέσα σε ένα κρύσταλλο, συμβαίνει συμβολή των ακτίνων αυτών.

Ο *Gilbert Newton Lewis* (1875 - 1945) μεγάλωσε στη Νεμπράσκα, σπούδασε στο Χάρβαρντ και έγινε καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Berkeley της Καλιφόρνια, όπου παρέμεινε μέχρι το τέλος της ζωής του. Ο Lewis ενδιαφέρθηκε για το μηχανισμό του χημικού δεσμού και εργάστηκε για μια δεκαπενταετία πάνω σε αυτό, ώσπου το 1916 τύπωσε τη θεωρία του για τον ομοιοπολικό δεσμό.

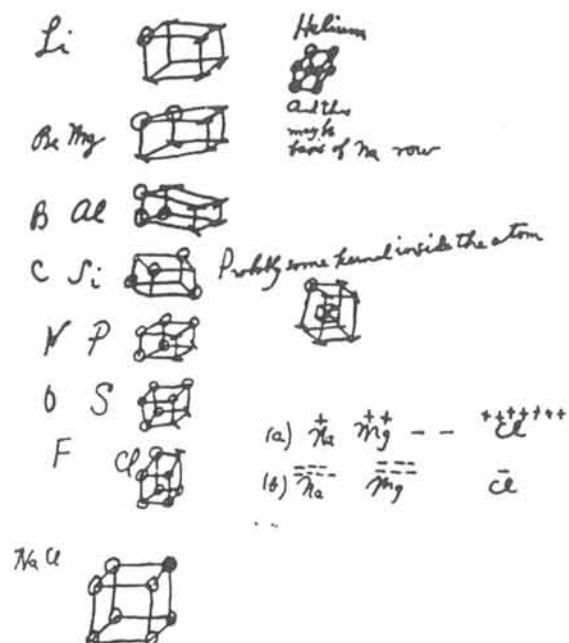
Σε αυτόν οφείλεται ο συμβολισμός των πλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας και ο κανόνας της "οκτάδας", δημέλιοι λίθοι της μοριακής χρυμέιας.

Το 1933, ο Lewis παρασκεύασε για πρώτη φορά ηλεκτρολυτικά καδαρό "Βαρύ ύδωρ" (D_2O ή 2H_2O) Ασχολήθηκε επίσης και με τα οξέα και τις βάσεις σε μη υδατικά διαλύματα και την φωτοχημεία.

Η θεωρία του Lewis επεκτάθηκε από τον Αμερικανό φυσικοχημικό *Irving Langmuir* (1881 - 1957) και σήμερα η θεωρία του σχηματισμού ομοιοπολικού δεσμού λέγεται

Μια ακόμη σημαντική ανακάλυψη της εποχής εκείνης, οφείλεται στο Γερμανό Max von Laue (1879 - 1960) πάντα ότι τα κρυσταλλικά πλέγματα μπορούν να χρησιμεύουν σαν φράγματα περίδλασης για τις ακτίνες X.

Αυτή η μέθοδος εφαρμόστηκε στον προσδιορισμό της δομής των κρυστάλλων και συνεχίστηκε από τον Αγγέλο φυσικό William H. Bragg (1862 - 1942).



ΜΙΑ ΣΕΛΙΔΑ ΑΠΟ ΤΙΣ
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ
ΤΟΥ G. N. LEWIS

Ο PAULING, Η ΗΛΕΚΤΡΑΡΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ Η ΒΙΤΑΜΙΝΗ C

Ο *Linus Carl Pauling*, ένας Αμερικανός χημικός που προχώρησε σε βάδος την ανάπτυξη της χημείας, γεννήθηκε το 1901 και πέθανε το καλοκαίρι του 1994.

Πήρε το διδακτορικό του δίπλωμα από το Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Καλιφόρνια το 1925 και υπηρέτησε εκεί σαν καθηγητής από το 1927 μέχρι να αποσυρθεί. Το βιβλίο του "*The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals*"

(*"Η Φύση του Χημικού Δεσμού και η Δομή των Μορίων και Κρυστάλλων"*) πρωτοτυπώθηκε το 1939.

Ο Pauling πρότεινε τις έννοιες της ηλεκτραρνητικότητας, του συντονισμού και του υβριδισμού των ατομικών τροχιακών. Μελέτησε πρώτος τη σχέση μεταξύ της ηλεκτρονιακής δομής και των μαγνητικών ιδιοτήτων των συμπλόκων των στοιχείων μετάπτωσης. Μαζί με τον E.B.Wilson έγραψε ένα κείμενο "*Εισαγωγή στην Κβαντομηχανική*" που χρησιμοποιήθηκε από γενιές χημικών και ανακάλυψε την ελικοειδή δομή των πολυπεπτιδικών αλυσίδων στις πρωτεΐνες, αυξάνοντας το ενδιαφέρον για παραπέρα έρευνα αυτών των μορίων με βιολογική σημασία.

Η ομάδα έρευνάς του ανακάλυψε επίσης την ανωμαλία της δομής της αιμοσφαιρίνης σε συνδυασμό με την δρεπανοκυτταρική αναιμία, μια γενετική ασθένεια.

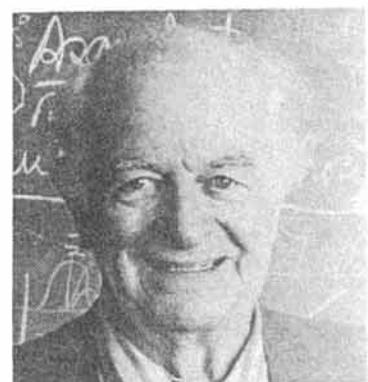
Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, ο Pauling πήρε ενεργό μέρος στον αγώνα για τον πυρηνικό αφοπλισμό. Πήρε δύο βραβεία Nobel, ένα για τη Χημεία το 1954 κι ένα για την Ειρήνη το 1962.

Στα τελευταία χρόνια έκανε έρευνες για την αντιμετώπιση του καρκίνου και για το ρόλο της βιταμίνης C στη διατήρηση της καλής υγείας. Η βιταμίνη C χρησιμοποιείται σαν προληπτικό για το σκορβούτο. Γύρω στα 40 με 75 mg (χιλιοστά του γραμμαρίου) την ημέρα είναι ικανά να αποτρέψουν αυτή την αρρώστια. Ημερήσια πρόσληψη πάνω από 100 mg είχε δεωρηθεί σχετικά υπερβολική.

Ο Pauling πρότεινε πως η βιταμίνη αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν όπλο κατά του κρυολογήματος. Σύστησε ημερήσιες δόσεις από 250 έως 15000 mg ανάλογα με το άτομο και την περίσταση. Η βιταμίνη C είπε μπορεί να αποτρέψει κρυολογήματα ή τουλάχιστον να μειώσει την ισχύ τους.

Οι ισχυρισμοί του αντιμετωπίστηκαν με σκεπτικισμό και με ειρωνεία ακόμα από πολλούς επιστήμονες. Πάντως οι πωλήσεις της βιταμίνης C έφθασαν στα ύψη καθώς ο κόσμος έτρεχε να δοκιμάσει την πρόταση του Pauling. Ποιος είχε δίκιο, αυτός ή οι επικριτές του; Το ερώτημα δεν έχει απαντηθεί ακόμα. Πολλή έρευνα έγινε μετά από την αρχική δήλωση του Pauling και άλλα στοιχεία συμφωνούν με τους ισχυρισμούς του, ενώ άλλα όχι.

Θα περάσουν πολλά χρόνια ώσπου να μάθουμε αν ο Pauling είχε δίκιο ή άδικο. Σίγουρα όμως τα πορτοκάλια κάνουν καλό και δυναμώνουν το αμυντικό σύστημα το χειμώνα.

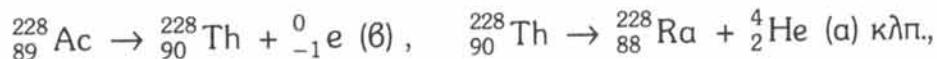


- 20.** Το βρώμιο-82 (^{82}Br) έχει ημιζωή 36 ώρες. Ένα δείγμα βρωμίου-82 τοποθετείται σε ένα μετρητή Geiger- Müller.
Ο ρυθμός μέτρησης είναι 160 μετρήσεις ανά min.
α) Ποιος θα είναι ο ρυθμός μέτρησης σε 108 ώρες ;
β) Αν η αρχική μάζα του δείγματος ήταν 2 g, ποια μάζα βρωμίου-82 παραμένει μετά από 108 ώρες ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ :

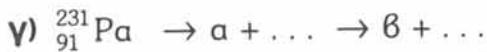
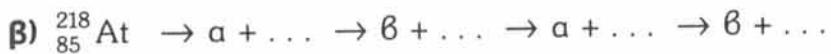
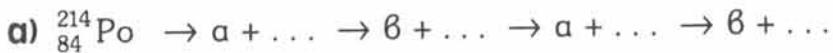
- α) Ο ρυθμός μέτρησης θα πέσει στο μισό της τιμής του μετά από 36 ώρες, στο $1/4$ ($1/2^2$) της τιμής του μετά από 72 ($2 \cdot 36$) ώρες και στο $1/8$ ($1/2^3$) της τιμής του μετά από 108 ($3 \cdot 36$) ώρες.
Δηλαδή θα έχουμε $160 \cdot 1/8 = 20$ μετρήσεις ανά min.
β) Όμοια, σε χρόνο 108 ώρες (3 ημιζωές) θα έχει παραμείνει το $1/8$ της αρχικής ποσότητας, δηλ. 0,25 g.

- 21.** Όταν σε μια διάσπαση ο πυρήνας που παράγεται (θυγατρικός) είναι επίσης ασταθής, η διάσπαση συνεχίζεται μέχρι να υπάρξει σταδερός πυρήνας. Τότε λέμε ότι έχουμε μια **σειρά** ή **οικογένεια διασπάσεων** π.χ. η σειρά του ^{232}Th :



μέχρι το σταδερό $^{207}_{82}\text{Pb}$.

☞ Προσπαθήστε μόνοι σας :



- 22.** Το ραδιενεργό στρόντιο-90 (^{90}Sr) ήταν ένα από τα βασικά "προϊόντα" της έκρηξης σε έναν αντιδραστήρα του πυρηνικού εργοστασίου του Chernobyl το 1986. Αυτό είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο, γιατί μπορεί να αντικαταστήσει το ασβέστιο στα οστά και να προκαλέσει καρκίνο.

Αν το ισότοπο αυτό έχει χρόνο υποδιπλασιασμού 27 χρόνια και διαδέτουμε 1 g ^{90}Sr , σε πόσο χρόνο θα έχουν απομείνει 0,25 g ; [Απ. : 54 χρόνια]

- 23.** Ο χρόνος υποδιπλασιασμού του ^{14}C είναι 5700 χρόνια. Ένα δείγμα ^{14}C δύνει 84 μετρήσεις ανά min σε ένα μετρητή Geiger - Müller. Πόσος χρόνος πρέπει να περάσει για να γίνει ο ρυθμός 21 μετρήσεις ανά min ; [Απ. : 11400 χρόνια]

- 24.** Οι αρχαιότεροι γνωστοί βράχοι στη Γη είναι στη Γροιλανδία.

Χρονολογήθηκαν μετρώντας το ποσοστό του καλίου-40 (^{40}K) σε ενώσεις του καλίου στους βράχους και βρέθηκε ότι περιέχουν ποσότητα ^{40}K ίση με το $1/8$ αυτής που περιέχεται σε παρόμοιους σπηλεινούς βράχους.

Αν ο χρόνος υποδιπλασιασμού του K-40 είναι $1,3 \cdot 10^9$ χρόνια, πόσο παλιοί είναι οι βράχοι ; [Απ. : $3,9 \cdot 10^9$ χρόνια]

25. Το ραδιενεργό ιώδιο-131 (^{131}I) έχει χρόνο υποδιπλασιασμού 8 ημέρες και εκπέμπει ακτινοβολία β. Να γράγετε την αντίδραση εκπομπής ακτινοβολίας β και να βρείτε το χρόνο που χρειάζεται, ώστε από 10 g να μείνουν 0,625 g.

[Απ. : 32 ημέρες]

26. Το ραδιενεργό κοβάλτιο-60 (^{60}Co) είναι ένα "καλό" ραδιενεργό στοιχείο: χρησιμοποιείται για τη θεραπεία του καρκίνου. Έχει χρόνο υποδιπλασιασμού 5 χρόνια και εκπέμπει ακτινοβολία β. Να γράγετε την αντίδραση εκπομπής ακτινοβολίας β του κοβαλτίου και να βρείτε το % ποσοστό που θα έχει μείνει μετά από 10 χρόνια.

[Απ. : 25%]

27. Ο ραδιενεργός φωσφόρος-32 (^{32}P) χρησιμοποιείται για τη διάγνωση του καρκίνου του δέρματος. Έχει χρόνο υποδιπλασιασμού 14 ημέρες. Πόσος χρόνος χρειάζεται ώστε να διασπαστεί το 87,5% μιας ποσότητας φωσφόρου-32 ;

[Απ. : 42 ημέρες]

28. Το ραδιενεργό αρσενικό-74 (^{74}As) χρησιμοποιείται για την ανίχνευση όγκων στον εγκέφαλο και έχει χρόνο υποδιπλασιασμού 18 ημέρες. Πόσα g θα μείνουν από μια ποσότητα 40 g μετά από 72 ημέρες ;

[Απ. : 2,5 g]

29. Όταν ένα ραδιενεργό στοιχείο A εκπέμπει ακτινοβολία, δεν μεταβάλλεται ούτε ο μαζικός, ούτε ο ατομικός του αριθμός.

Για τι είδους ακτινοβολία πρόκειται ;

30. Το ράδιο-226 είναι ραδιενεργό και δίνει σωματίδια α (πυρήνες He) που παίρνουν πλεκτρόνια από το περιβάλλον και σχηματίζουν άτομα αερίου He.



Βρέθηκε ότι ένα δείγμα ραδίου-226 δίνει $3,73 \cdot 10^{16}$ ιόντα ηλίου/ώρα και ότι ο όγκος του αερίου ηλίου που συλλέχθηκε σε stp σε 1 χρόνο ήταν 12 mL

Υπολογίστε την τιμή του αριθμού Avogadro. Θεωρήστε 1 χρόνος = 360 ημέρες.

31. Ποιο στοιχείο εκπέμπει ραδιενέργεια και το έχουμε όποιο στα σπίτια μας :

ΑΠΑΝΤΗΣΗ :

Το ραδόνιο-222 (^{222}Rn) είναι ένα ευγενές αέριο και είναι χημικά αδρανές, σαν το αργό, κρυπτό και τα άλλα ευγενή. Ο χρόνος υποδιπλασιασμού του είναι 4 μέρες και εκπέμπει α- και γ-ακτινοβολία.

Επειδή είναι αέριο, διαχέεται στους βράχους και στο έδαφος και μπαίνει στα κτίρια. Το ραδόνιο-222 στον αέρα εισπνέεται στους πνεύμονες και μια ποσότητα από αυτό διασπάται πριν εκπνευστεί. Τα προϊόντα του έχουν μικρούς χρόνους υποδιπλασιασμού ^{218}Po 27 min, ^{214}Bi 20 min και ^{214}Po $1,6 \cdot 10^{-4}$ s.

Όταν μένουν στους πνεύμονες, μπορούν να προκαλέσουν καρκίνο των πνευμόνων. Υπολογίζεται ότι ένα ποσοστό γύρω στο 10% των ετήσιων θανάτων από καρκίνο των πνευμόνων οφείλεται στην αναπνοή ^{222}Rn .

ΤΟ ΚΛΕΙΔΙ ΤΟΥ BECQUEREL . . .

Ήταν μια συννεφιασμένη μέρα του 1896 . . .

Ο Γάλλος φυσικός *Henri Becquerel* (1852 - 1908) δεν μπόρεσε να πραγματοποιήσει το πείραμά του που χρειαζόταν άμεσο πλιακό φως και άφοσε μερικές φωτογραφικές πλάκες περιτυλιγμένες σ' ένα συρτάρι. Όταν τις εμφάνισε, ήταν ομιχλώδεις (μερικά εμφανισμένες). Τα μέρη που δεν είχαν εκτεθεί, είχαν το σχήμα του κλειδιού. Τι είχε συμβεί;

Μέσα στο συρτάρι υπήρχε ένα κλειδί κι ένα πακέτο με άλατα ουρανίου. Έκανε αρκετά πειράματα μέχρι να καταλήξει. Υπέδεσε ότι κάποιες άγνωστες ακτίνες προέρχονταν από ενώσεις του ουρανίου. Οι μυστήριες ακτίνες πέρασαν από το περιτύλιγμα, εμφανίζοντας το χαρτί και καδώς το κλειδί βρισκόταν πάνω στις πλάκες, οι ακτίνες δεν μπόρεσαν να το διαπεράσουν και σχηματίστηκε το είδωλο πάνω στις πλάκες.

. . . ΚΑΙ ΤΟ ΑΝΟΙΓΜΑ ΤΗΣ ΠΟΡΤΑΣ ΤΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΤΑ ΠΡΩΤΑ ΧΡΟΝΙΑ : ΜΙΑ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΚΗ ΥΠΟΘΕΣΗ

Μια νεαρή ερευνήτρια, η *Marie Curie* ασχολήθηκε με το πρόβλημα το 1898. Κατέληξε στο ότι αυτή η ακτινοβολία οφειλόταν στο ουράνιο και δεν είχε σχέση με τις χημικές του ιδιότητες. Η Curie ονόμασε αυτή την ικανότητα του ουρανίου να ακτινοβολεί "ραδιενέργεια".

Ο σύζυγός της, *Pierre*, συνεργάστηκε μαζί της σε αυτό τον τομέα και δούλευαν για τέσσερα χρόνια σε ένα κρύο και ανήλιαγο εργαστήριο στη Σορβόνη, ανακαλύπτοντας δύο νέα ραδιενέργα στοιχεία. Το ένα το ονόμασαν πολώνιο, αφού η Curie καταγόταν από την Πολωνία και το άλλο ράδιο, που είχε την ιδιότητα να ακτινοβολεί στο σκοτάδι με ένα γαλαζοπράσινο φως.

Το ζευγάρι Curie τιμήθηκε με Νόμπελ Φυσικής το 1903 μαζί με τον Becquerel.

'Όταν ο Pierre σκοτώθηκε σ' ένα ατύχημα το 1906, η Marie συνέχισε τις εργασίες και τιμήθηκε με δεύτερο Νόμπελ, στη Χημεία αυτή τη φορά, το 1911 για την απομόνωση του ραδίου,

που είχε πραγματοποιήσει ένα χρόνο πριν.

Το 1934, ήδη άρρωστη, έχει στα χέρια της ένα δοκιμαστικό σωλήνα, που περιέχει το πρώτο τεχνητό ραδιοϊσότοπο, τον φωσφόρο-30 (^{30}P). Το έχουν παρασκευάσει η κόρη της Irene και ο γαμπρός της, *Frederic Joliot*. Λίγους μήνες αργότερα, η *Marie Curie* θα πεδάνει από λευχαιμία.

Ο ^{30}P ήταν το πρώτο τεχνητό ραδιοϊσότοπο που παρασκευάστηκε. Ακολούθησαν το ^{13}N και το ^{28}Al , παρασκευασμένα και τα δύο από το ζευγάρι *Frederic Joliot-Irene Curie*. Από τότε και πέρα, θα μπορούσαν να παρασκευαστούν ραδιοϊσότοπα κατ' επιλογή.

Το ζευγάρι Joliot-Curie πήρε το δικό του Νόμπελ Χημείας το 1935.

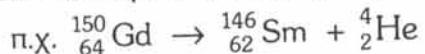
Η πρόταση ότι η ραδιενέργεια προέρχεται από τη διάσπαση των ατόμων, έγινε από τον *Ernest Rutherford*. Ο ίδιος μελέτησε το βομβαρδισμό πυρήνων με σωματίδια α (πυρήνες πλίου He). Σε ένα τέτοιο πείραμα, όπου βομβάρδισε άζωτο, κατέληξε στην παραγωγή πρωτονίων : $^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{p}$. Ήταν η πρώτη πυρηνική αντίδραση που έγινε ποτέ από άνθρωπο. Μπορεί να μην είχε μετατρέψει το μόλυβδο σε χρυσό, όπως προσπαθούσαν το Μεσαίωνα οι αλχημιστές, αλλά είχε καταφέρει να μετατρέψει ένα στοιχείο σε ένα άλλο (μεταστοιχείωση).



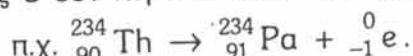
ΕΚΠΟΜΠΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Δέκα χρόνια μετά την ανακάλυψη της ραδιενέργειας από τον Becquerel, οι επιστήμονες είχαν λύσει το μυστήριο. Ανακάλυψαν τρεις τύπους ακτινοβολίας :

Η ακτινοβολία α είναι πυρήνες $^{4}_{2}\text{He}$ που βγαίνουν από τον πυρήνα με ταχύτητες περίπου 20.000 km/sec και δεν μπορούν να περάσουν από χοντρά αντικείμενα.



Η ακτινοβολία β είναι, ουσιαστικά, πλεκτρόνια $^{-1}_0\text{e}$ και προκύπτει όταν ένα νετρόνιο του πυρήνα μετατρέπεται σ' ένα πρωτόνιο και σε ένα πλεκτρόνιο, που απομακρύνεται με μεγάλη ταχύτητα : $^{1}_0\text{n} \rightarrow ^{1}_1\text{p} + ^{0}_{-1}\text{e}$. Έτσι, ο ατομικός αριθμός του στοιχείου αυξάνεται κατά 1 κι αυτό σημαίνει πως έχουμε μετατροπή σε άλλο στοιχείο (μεταστοιχείωση). Τα πλεκτρόνια της ακτινοβολίας **β** δεν περνάνε από πολύ χοντρά αντικείμενα.



Η ακτινοβολία γ δεν είναι κάποια σωματίδια. Είναι πλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σαν τις ακτίνες X. Κινείται, με την ταχύτητα του φωτός. Αυτή περνάει από τους τοίχους των σπιτιών μας και σταματάει από στρώμα μολύβδου μερικών cm. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην Ιατρική (ακτινοδεραπεία). Μεγάλα ποσά προκαλούν δάνατο.

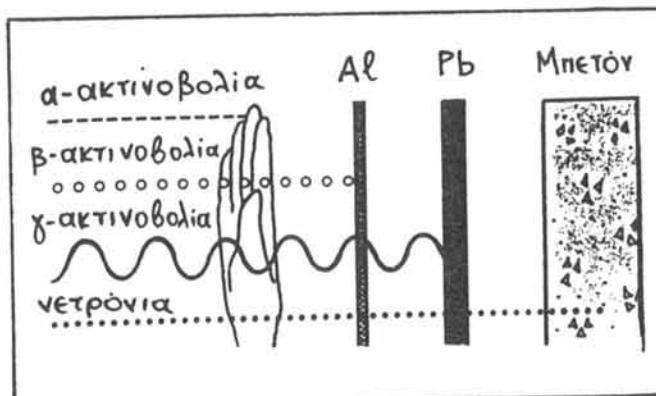
To Τραγούδι των Ακτινοβολιών

Η ακτινοβολία-α δεν πρέπει να σας φοβίσει ακόμα κι ένα χέρι μπορεί να τη σταματήσει

Η ακτινοβολία-β δεν είναι πυρήνες ηλίου, είναι πλεκτρόνια και θέλουν φύλλο αργιλίου

Την ακτινοβολία-γ που είναι από τις τρεις η πιο ισχυρή μόνον ένα παχύ φύλλο μολύβδου να τη σταματήσει μπορεί.

Τα νετρόνια που από παντού περνούν μόνον τοίχοι από μπετόν τα σταματούν και ράβδοι από βόριο τα απορροφούν.



ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σήμερα, υπάρχουν ειδικά όργανα για τη μέτρηση της ραδιενέργειας.

Το πιο κοινό όργανο είναι ο μετρητής Geiger - Müller : όταν εισέλθει σε αυτόν ένα ραδιενεργό σωματίδιο, συγκρούεται με ένα άτομο του αερίου που υπάρχει μέσα στη συσκευή και το μετατρέπει σε ίον.

Το πλεκτρόνιο που ελευθερώνεται, συγκρούεται με άλλα άτομα και δημιουργείται ένα κύμα πλεκτρονίων, που καταγράφεται σαν στιγμιαίος παλμός πλεκτρικού ρεύματος, που ενισχύεται και ακούγεται σαν κτύπος.

Ο αριθμός κτύπων ανά λεπτό λέγεται ρυθμός μέτρησης. Ακόμα κι αν δεν υπάρχει ραδιενεργή πηγή κοντά, ο μετρητής δίνει κτύπους, πράγμα που οφείλεται στη φυσική ραδιενέργεια της ατμόσφαιρας και στην κοσμική ακτινοβολία, γι' αυτό θα πρέπει να αφαιρείται κατά τις μετρήσεις το ποσοστό που οφείλεται στη μόνιμη ακτινοβολία.



ΣΤΑΘΕΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΠΥΡΗΝΕΣ - ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΑ

Η πυκνότητα όλων των γνωστών πυρήνων είναι περίπου σταθερή και ίση με 250 εκατομμύρια τόνους ανά κυβικό εκατοστό ($2,5 \cdot 10^{14}$ gr/cm³)! Αυτό σημαίνει ότι ο πυρήνας του ηλίου (^4_2He) έχει σχεδόν την ίδια πυκνότητα με τον πυρήνα του μολύβδου ($^{207}_{82}\text{Pb}$). Τα θετικά πρωτόνια μέσα στον πυρήνα απωθούνται, αλλά δεν φεύγουν από τον πυρήνα, γιατί τα συγκρατούν ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις.

Σκεφτείτε τα νετρόνια να δρούν σαν κόλλα που "κολλάει" τα πρωτόνια. Αν ρίξετε πολλή κόλλα πάνω σ' ένα φάκελλο αλληλογραφίας, τότε το γραμματόσημο δεν θα κολλάει εκεί που θέλετε, αλλά θα γλιστράει. Αν η κόλλα ήταν πολύ λίγη, το γραμματόσημο δεν θα κολλούσε καλά και ανά πάσα στιγμή θα ήταν έτοιμο να ξεκολλήσει. Πολύ λίγα νετρόνια ή πάρα πολλά νετρόνια προκαλούν αστάθεια στον πυρήνα.

Τα ελαφρότερα στοιχεία (οξυγόνο, άζωτο, άνθρακας) έχουν περίπου ίσο αριθμό πρωτονίων (p) και νετρονίων (n), ενώ στα βαρύτερα στοιχεία (π.χ. χρυσός, υδράργυρος, μόλυβδος) έχουν στον πυρήνα τους 60% νετρόνια και 40% πρωτόνια.

Γενικά λιγότερο από 50% νετρόνια ή περισσότερο από 65% προκαλεί αστάθεια του πυρήνα. Οι ασταθείς πυρήνες μπορούν να γίνουν σταθεροί εκπέμποντας ραδιενέργεια (radiation). Ένας ασταθής πυρήνας λέγεται **ραδιενεργός**.

Χρόνος υποδιπλασιασμού ενός ραδιοϊσοτόπου ορίζεται ο χρόνος μέσα στον οποίο διασπώνται οι μισοί πυρήνες από αυτούς που υπήρχαν αρχικά.

Ο χρόνος υποδιπλασιασμού μπορεί να είναι πολύ μεγάλος, όπως του ρωνίου-187 (40 δισεκατομμύρια χρόνια). Ή πολύ μικρός, όπως του βορίου-9 ($8 \cdot 10^{-19}$ δευτερόλεπτα).

Διασπώνται ποτέ όποιοι οι πυρήνες;

Μοιάζει με τη γνωστή ιστορία που ένα αγόρι ζεκινάει να επισκεφτεί το κορίτσι του, που μένει ακριβώς 256 m μακριά. Στο πρώτο λεπτό καλύπτει τη μισή απόσταση (128 m), στο δεύτερο λεπτό την μισή υπόλοιπη απόσταση (64 m), στο τρίτο λεπτό τη μισή υπόλοιπη απόσταση (32 m) κ.ο.κ.

Αφού ποτέ δεν υπερβαίνει τη μισή υπόλοιπη απόσταση σε κάποιο χρονικό διάστημα, δεωρητικά δέν φτάνει ποτέ.

Όμως μετά τα 10 λεπτά είναι αρκετά κοντά : 25 cm (από τα οποία στο 11ο λεπτό θα διανύσει τα 12,5 cm) και για πρακτικούς λόγους μπορούμε να δεωρήσουμε ότι όλη η ραδιενέργεια θα έχει εξαφανιστεί όταν έχει περάσει χρονικό διάστημα ίσο με 10 χρόνους υποδιπλασιασμού.

ΕΛΠΙΔΕΣ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ : ΤΑ ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΑ

¹³¹I₅₃ : Το σώμα συσσωρεύει ιώδιο στο δυρεοειδή αδένα. Το ραδιενεργό ιώδιο συμπεριφέρεται σχεδόν όπως το κανονικό ιώδιο. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μελέτη της λειτουργίας αυτού του αδένα. Επίσης χρησιμοποιείται για τη μελέτη της δραστηριότητας του συκωτιού και του μεταβολισμού των λιπών.

⁷⁴As₃₃ : Οι όγκοι στον εγκέφαλο τείνουν να απορροφούν συγκεκριμένα ιόντα. Γι' αυτό το λόγο, το αρσενικό-74, σε ιοντική μορφή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανίχνευση αυτών των όγκων.

³²P₁₅ : Διάφορα είδη καρκίνου μπορούν να προσελκύσουν φωσφορικά ιόντα σε μεγαλύτερο βαθμό από τους υγιείς ιστούς. Έτσι φωσφορικά άλατα που περιέχουν φωσφόρο-32 μπορούν να τοποθετηθούν κοντά στους όγκους και η ακτινοβολία-β που εκπέμπει ανιχνεύεται : $^{32}_{15}P \rightarrow ^0_{-1}e + ^{32}_{16}S$.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στη διάγνωση του καρκίνου του δέρματος.

²⁴Na₁₁ : Χρησιμοποιείται στη διάγνωση στενώσεων των αιμοφόρων αγγείων.

Λίγο αλάτι (χλωριούχο νάτριο) που περιέχει ιόντα νατρίου-24 διοχετεύεται ενδοφλέβια στο χέρι ή στο πόδι. Ένας μετρητής ανιχνεύει την άφιξη του ραδιοϊσοτόπου σε άλλο μέρος του αγγείου. Ο χρόνος άφιξης μας πληροφορεί για την κατάσταση του κυκλοφορικού συστήματος.

³H₁ : Μέτρηση του συνολικού νερού στο σώμα.

⁵¹Cr₂₄ και ⁵⁹Fe₂₆ : Μετρήσεις του όγκου, της ταχύτητας σχηματισμού και της διάρκειας ζωής των ερυθρών αιμοσφαιρίων.

⁶⁰Co₂₇ και ²²⁶Ra₈₈ : Θεραπεία καρκίνου με ακτινοβολίες.

ΑΚΟΜΑ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΕΛΠΙΔΕΣ : Για τη διαγνωστική ανίχνευση, μπορούμε να φανταστούμε ένα ιδανικό ισότοπο. Θα πρέπει να εκπέμπει μόνο γ-ακτινοβολία, που έχει μεγάλη διεισδυτική ικανότητα και μπορεί να ανιχνευθεί και έξω από το σώμα. Η ενέργεια των ακτίνων γ δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλη, ώστε να μην προκαλέσει προβλήματα και ταυτόχρονα ο χρόνος υποδιπλασιασμού να είναι τέτοιος, ώστε να γίνει ασφαλής διάγνωση. Υπάρχει τέτοιο ισότοπο : είναι το τεχνήτιο-99^m ($^{99}_{43}Tc^m$). Το m σημαίνει metastable (μετασταθές), που σημαίνει ότι δεν είναι σταθερό και για να γίνει εκπέμπει ακτινοβολία-γ. Ο χρόνος υποδιπλασιασμού είναι γύρω στις 6 ώρες, που επιτρέπει τη σωστή χρήση του. Το τεχνήτιο-99^m παράγεται από την αντίδραση :



Προς το παρόν χρησιμοποιείται στην ανίχνευση στα νεφρά, στο συκώτι και τη σπλήνα, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον εγκέφαλο και στους πνεύμονες. Έτσι, δα μπορούσε να αντικαταστήσει άλλα λιγότερο ιδανικά ραδιοϊσοτόπα.

ΤΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙ ΤΗΣ ΡΑΔΙΟΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗΣ

- Πότε δημιουργήθηκε το Σύμπαν ; Πόσο "γριά" είναι η Γη ;

Ο χρόνος υποδιπλασιασμού (ημιζωή : half - life) ορισμένων πυρήνων μας επιτρέπει να μετράμε από πολύ μικρά χρονικά διαστήματα έως πολύ μεγάλα.

Έτσι λοιπόν το ουράνιο-238 με χρόνο υποδιπλασιασμού 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια, χρησιμεύει να μάθουμε την ηλικία της Γης. Μερικοί απ' τους παλιότερους βράχους στη Γη έχουν βρεθεί να είναι 3 ή 3,5 δισεκατομμυρίων χρόνων. Οι βράχοι της σελήνης και οι μετεωρίτες χρονολογούνται με μέγιστη ηλικία περίπου 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Έτσι η ηλικία της Γης εκτιμάται να είναι 4,5 ή 5 δισεκατομμύρια χρόνια.

Το ρήνιο-187 χρησιμοποιήθηκε για να χρονολογήσει το σύμπαν. Πειράματα και μετρήσεις έδειξαν πως το σύμπαν υπάρχει εδώ και 20 δισεκατομμύρια χρόνια. Το γεγονός βέβαια πως οι γηραιότεροι βράχοι έχουν τέτοια ηλικία, δεν σημαίνει ότι το σύμπαν δεν μπορεί να είναι πιο παλιό. Μπορεί να υπάρχουν γηραιότερα πετρώματα που δεν έχουν βρεθεί ακόμα.

Πάντως, ο προσδιορισμός της ηλικίας του σύμπαντος και με άλλες μεθόδους έδειξε ότι είναι τουλάχιστον 16 δισεκατομμυρίων ετών.

- Πότε έζησαν οι δεινόσαυροι ; (μη βιαστεί κανείς να πει ότι ζουν ακόμα . . .)

Η χρονολόγηση με άνθρακα-14 είναι πολύ συνηθισμένη, αλλά πρόσφατες αποδείξεις φανέρωσαν ότι ο σχηματισμός του ισοτόπου σύμφωνα με την εξίσωση $^{14}_7N + ^1_0n \rightarrow ^{14}_6C + ^1_1p$, δεν είναι αδιάκοπος μέσα στα χρόνια, με συνέπεια να υπεισέρχονται στους υπολογισμούς σημαντικά λάθη. Τέτοιου είδους αποκλίσεις μπορούν να διορθωθούν με παράλληλη δενδροχρονολόγηση, δηλαδή από τους δακτύλιους που σχηματίζονται στους κορμούς των δένδρων. Η ακριβής περιεκτικότητα κάθε δακτυλίου σε άνθρακα-14 μας επιτρέπει να γνωρίζουμε τη σχετική ποσότητά του, που υπήρχε τη συγκεκριμένη χρονιά στην ατμόσφαιρα.

Πρακτικά, ο άνθρακας-14 χρησιμοποιείται για ευρήματα ηλικίας μέχρι 50.000 χρόνων, ώστε η ποσότητά του να είναι αρκετή για να γίνουν ακριβείς μετρήσεις.

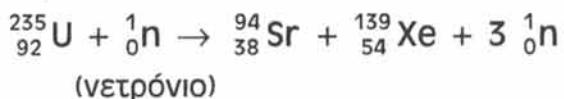
- Το ουίσκυ που αγοράσαμε προχθές ήταν όντως 12 χρόνων ;

Το τρίτιο (3_1H) είναι επίσης χρήσιμο στη ραδιοχρονολόγηση. Ο χρόνος υποδιπλασιασμού του (12,3 χρόνια) το κάνει χρήσιμο στη χρονολόγηση κομματιών μέχρι 100 χρόνων. Μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή του βρίσκεται στην χρονολόγηση των αλκοολούχων ποτών, που είναι αρκετά ακριβά όταν έχουν μεγάλη ηλικία εμφιάλωσης.

Η χρονολόγηση με τρίτιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξακρίβωση των ισχυρισμών των διαφημιστών γύρω από τη διαδικασία "παλαίωσης" του ουίσκυ, του κονιάκ ή ακόμα και κρασιών.

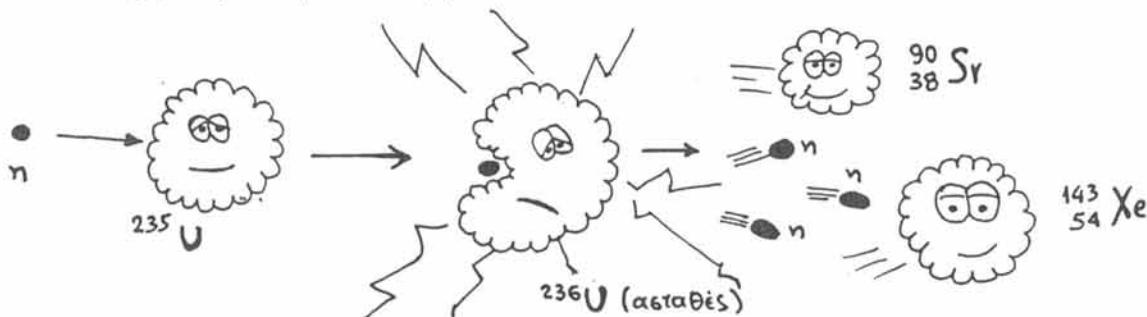
Η τεχνική της ραδιοχρονολόγησης με ^{14}C και 3_1H αναπτύχθηκε από τον Αμερικανό Willard F. Libby το 1949, ο οποίος τιμήθηκε με το Νόμπελ Χημείας το 1960.

ΣΧΑΣΗ ΠΥΡΗΝΩΝ



Η ΑΤΟΜΙΚΗ ΒΟΜΒΑ

Οι συνδήκες είχαν ωριμάσει για μια τεχνητή διάσπαση του ατόμου. Κι αυτός που γράφτηκε στην ιστορία ήταν ο Γερμανός *Otto Hahn*. Το 1939, μαζί με το συνεργάτη του *Fritz Strassman* έκανε πειράματα βομβαρδίζοντας με νετρόνια διάφορους πυρήνες. Όταν χρησιμοποίησε ^{235}U , ο πυρήνας διασπάστηκε σε δύο νέους πυρήνες και τρία νετρόνια, ενώ την ίδια στιγμή, ένα τρομακτικό ποσό ενέργειας ελευθερωνόταν. Η ενέργεια αποκαλέστηκε πυρηνική ενέργεια (ή ατομική ενέργεια).



Η ενέργεια που παραγόταν από τη διάσπαση ενός ατόμου ουρανίου ήταν αρκετές φορές μεγαλύτερη από εκείνη που παραγόταν σε οποιαδήποτε άλλη πυρηνική αντίδραση. Επιπλέον, η διάσπαση κατέληγε στην αποδέσμευση περισσοτέρων νετρονίων και η αντίδραση γινόταν αλυσιδωτή : τα τρία νέα νετρόνια θα διασπούσαν τρεις πυρήνες, έτσι ώστε να παράγονταν εννέα νετρόνια κ.ο.κ.

Από ένα άτομο ^{235}U παράγονται $8,9 \cdot 10^{-9} \text{ kWh}$ ενέργειας.

Από 235 g , δηλ. Ν_A άτομα ^{235}U θα παράγονται 5.300.000 kWh ενέργειας.

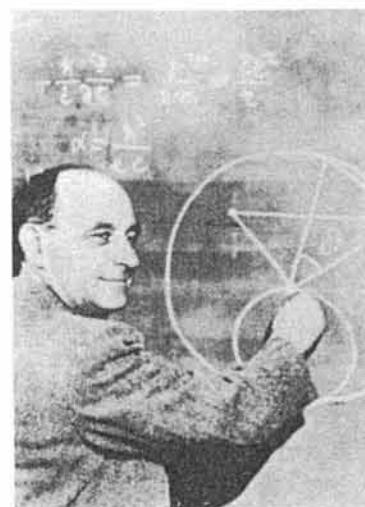
Υπάρχει μια ελάχιστη ποσότητα υλικού που πρέπει να διασπαστεί για να προκληθεί αλυσιδωτή αντίδραση. Η ποσότητα αυτή λέγεται κρίσιμη μάζα (critical mass). Για να μην προκληθεί πρόωρη έκρηξη, η ποσότητα του υλικού χωρίζεται σε δύο μέρη, το καθένα από τα οποία είναι μικρότερο από την κρίσιμη μάζα, αλλά το άδροισμά τους είναι μεγαλύτερο. Τα δύο κομμάτια χωρίζονται με διάφραγμα από κάδμιο (Cd) που συγκρατεί τα νετρόνια που προκαλούν τη διάσπαση. Όταν το διάφραγμα αφαιρεθεί, προκαλείται η έκρηξη.

Η *Lise Meitner*, μια Αυστριακή επιστήμονας που ήταν Εβραία και συμμετείχε στις έρευνες του *Otto Hahn*, δραπέτευσε στη Σουηδία, όπου μετέφερε τα νέα.

Τα νέα αυτά έφτασαν στην Αμερική μέσω του *Niels Bohr*.

Ο *Enrico Fermi* έπεισε τον *Einstein* να υπογράγει ένα γράμμα στον πρόεδρο *Franklin Roosevelt* για να τον πληροφορήσει για την τρομακτική ανακάλυψη των Γερμανών. Ο Enrico Fermi (1901 - 1954) ήταν καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Ρώμης και μετά το 1932 τον απασχόλησε η πυρηνική φυσική. Ήταν ο πρώτος που μίλησε για τη χρήση των νετρονίων στη διάσπαση του ατόμου.

Πήρε το Νόμπελ Φυσικής το 1938 και έφυγε από την Ιταλία το 1939, ερχόμενος σε ρήξη με το φασιστικό καθεστώς. Πήγε στις Η.Π.Α., όπου και εγκαταστάθηκε, συνεχίζοντας τις έρευνές του. Το 1942 πραγματοποίησε την αλυσιδωτή αντίδραση της σχάσης του ουρανίου κάτω από τις κερκίδες



ενός εγκαταλειμμένου σταδίου στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο, δημιουργώντας τον πρώτο πυρηνικό αντιδραστήρα, αλλά δείχνοντας ταυτόχρονα τις φοβερές συνέπειες ενός πυρηνικού όπλου.

Παράλληλα, άλλοι επιστήμονες με επικεφαλής τον *Glenn Seaborg* ανακάλυψαν βομβαρδίζοντας το ^{238}U δύο νέα στοιχεία, το πλουτώνιο (Pu) και το ποσειδώνιο (Np).

Τον Ιούλιο του 1945 είχε παρασκευαστεί αρκετό πλουτώνιο για μια βόμβα. Η πρώτη δοκιμή έγινε στο Νέο Μεξικό. Η δερμότητα από την έκρηξη εξάτμισε τον ύγους 30 μέτρων ατσάλινο πύργο, που είχε τοποθετηθεί στο σημείο εκείνο. Μερικοί από τους επιστήμονες ένιωσαν τέτοιο δέος, που τάχθηκαν κατά της χρήσης της εναντίον της Ιαπωνίας.

Όμως ο πρόεδρος Harry Truman, φοβούμενος τις απώλειες από μια εισβολή στην Ιαπωνία, διέταξε το ρίζιμο των βομβών σε Ιαπωνικές πόλεις.

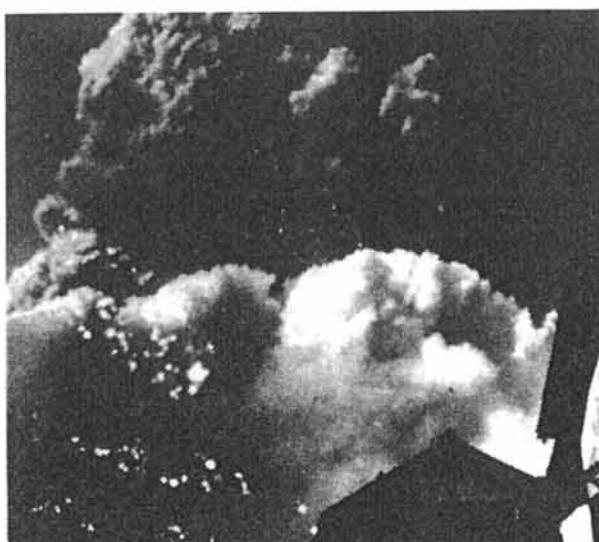
Μια βόμβα ουρανίου που λεγόταν "Little Boy" ρίχθηκε από ένα αεροπλάνο τύπου Boeing B-29 που λεγόταν "Enola Gay" στη Χιροσίμα στις 6 Αυγούστου 1945 προκαλώντας εκατοντάδες χιλιάδες νεκρούς και βιβλική καταστροφή της πόλης. Τρεις μέρες μετά, μια βόμβα πλουτωνίου που λεγόταν "Fat Man" ρίχθηκε στο Ναγκασάκι με παρόμοια αποτελέσματα.

Η Ιαπωνία συνδηκολόγησε στις 14 Αυγούστου 1945.

Πού βρισκόταν ο Otto Hahn όταν ρίχθηκε η ατομική βόμβα; Ήταν κρατούμενος των Συμμάχων, που τον είχαν απαγάγει σε μια φάρμα με άλλους διάσημους Γερμανούς συναδέλφους του (ανάμεσά τους και ο Heisenberg), με σκοπό να μην παρασκευάσουν μια γερμανική ατομική βόμβα.

ΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΡΗΞΗ ΜΙΑΣ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΒΟΜΒΑΣ

Πρώτα - πρώτα, ελευθερώνεται τεράστια ενέργεια, ώστε να παραχθούν τρομακτικά μεγάλες δερμότητες και πιέσεις. Η δερμοκρασία στα εξωτερικά στρώματα του "μανιταριού" της έκρηξης ανέρχεται στους 50.000°C , ενώ στο κέντρο είναι πολλά εκατομμύρια βαθμοί, με αποτέλεσμα να υπάρχει εντονότερη δερμική ακτινοβολία. Οι πιέσεις, πολλών χιλιάδων ή εκατομμυρίων ατμοσφαιρών, δημιουργούν ένα καταστροφικό "ωστικό κύμα". Τέλος, κατά την έκρηξη παράγεται και ακτινοβολία γ, που μπορεί να προκαλέσει καρκίνο και λευχαιμία. Τα προϊόντα της διάσπασης είναι ραδιενεργά και δεν μπορεί κανείς να ζήσει κοντά στον τόπο της έκρηξης για πολλά χρόνια.

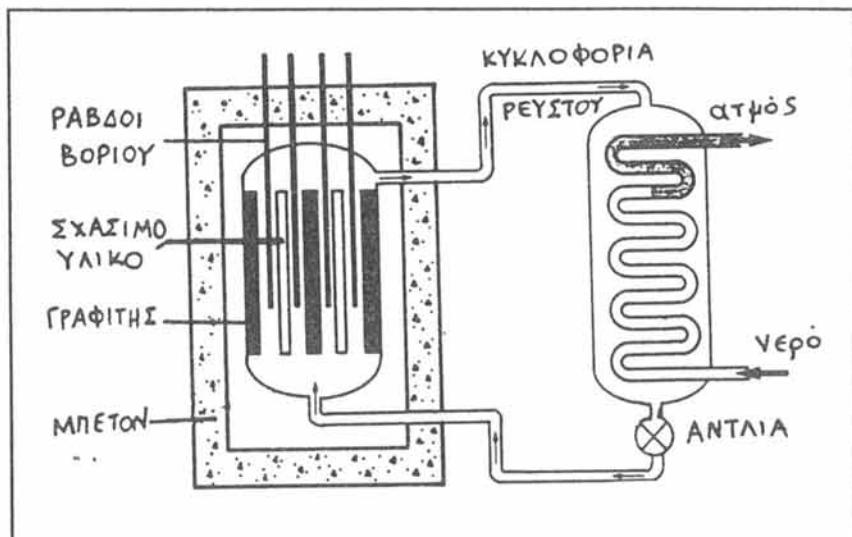


Το "μανιτάρι" της ατομικής βόμβας που εξερράγη στη Χιροσίμα, στις 6 Αυγούστου 1945, φωτογραφημένο από ένα χωριό που βρισκόταν εννέα (9) χιλιόμετρα μακριά.

ΠΥΡΗΝΙΚΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ

Η επεγχόμενη (;) πυρηνική ενέργεια

Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες παράγουν ενέργεια από την ίδια αντίδραση της ατομικής βόμβας : τη διάσπαση του ^{235}U .



Τα νετρόνια που έχουν μεγάλες ταχύτητες, μπορεί να ενσωματωθούν στο ουράνιο, μη μπορώντας να προκαλέσουν διάσπαση. Οι απώλειες των νετρονίων ελαττώνονται με τη χρησιμοποίηση ενός σώματος μικρού ατομικού ή μοριακού βάρους, του επιβραδυντή (π.χ. γραφίτης, "θαρύ ύδωρ" $^2\text{H}_2\text{O}$ ή συνηδισμένο νερό). Κατόπιν τα νετρόνια αντιδρούν με τις ράβδους του καυσίμου και προκαλούν διάσπαση. Ο ρυθμός της αντίδρασης καθορίζεται από τον αριθμό των νετρονίων που προκαλούν τις σχάσεις και ρυθμίζεται με ράβδους καδμίου ή βορίου, που απορροφούν ορισμένο ποσοστό των παραγομένων νετρονίων, ώστε ο ρυθμός να παραμένει σταθερός.

Η δερμότητα που παράγεται δερμαίνει ένα γυχρό ρευστό που μπορεί να είναι υγρό π.χ. νερό (αντιδραστήρες νερού) ή αέριο π.χ. CO_2 (αντιδραστήρες γυχρού αερίου). Η δερμότητα μετατρέπει το νερό σε ατμό, που διοχετεύεται σ' ένα κινητήρα (γεννήτρια) που παράγει πλεκτρισμό.

Υπάρχουν δύο είδη αντιδραστήρων : ισχύος και έρευνας. Οι αντιδραστήρες ισχύος παράγουν ενέργεια και υπάρχουν σε όλες τις χώρες της Ευρώπης, εκτός από Αυστρία, Δανία, Νορβηγία, Ιρλανδία, Ισλανδία, Πορτογαλία, Κύπρο, Αλβανία και Ελλάδα.

Αξιοπρόσεκτο παράδειγμα αποτελεί η Γαλλία, όπου το 73% της πλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από τους 56 πυρηνικούς αντιδραστήρες που βρίσκονται στο έδαφός της.

Ένας αντιδραστήρας έρευνας με ισχύ 5 MW υπάρχει και στην Ελλάδα, στο Κέντρο Ερευνών "Δημόκριτος", που έχει κατασκευαστεί από Αμερικανούς, τα στοιχεία με το ουράνιο έρχονται από τη Γαλλία και τα χρησιμοποιημένα στοιχεία στέλνονται στην Αμερική. Ο αντιδραστήρας λειτουργεί από το 1961, έχει επιβραδυντή νερό και εκτός από τους άλλους τομείς έρευνας, παρασκευάζονται εκεί ^{131}I και $^{99}\text{Tc}^m$, που χρησιμοποιούνται στην Ιατρική.

Εκτός από τους κινδύνους που προέρχονται από τα διάφορα είδη ακτινοβολιών, υπάρχει ένας ακόμα κίνδυνος : τα κατάλοιπα των πυρηνικών αντιδράσεων, που είναι όλα ραδιενεργά. Η μεγαλύτερη ποσότητα μένει στην "καρδιά" του αντιδραστήρα, αλλά ένα μέρος τους διαφεύγει στην ατμόσφαιρα.

ΤΟ ΠΥΡΗΝΙΚΟ ΑΤΥΧΗΜΑ ΣΤΟ CHERNOBYL

Το χειρότερο πυρηνικό ατύχημα - είχε προηγηθεί εκείνο στο Three Mile Island στις Η.Π.Α. το 1979 - είχε συμβεί στο Chernobyl της Ουκρανίας.

Σε ένα αντιδραστήρα νερού με επιβραδυντή ράβδους γραφίτη, μια διαρροή νερού προκάλεσε την υπερδέρμανση του αντιδραστήρα. Ο ατμός αντέδρασε με τον γραφίτη και παράχθηκε υδρογόνο, που προκάλεσε έκρηξη ($C + H_2O \rightarrow CO + H_2$).

Αμέσως μετά προκλήθηκε φωτιά, που παρά τις ηρωικές προσπάθειες των πυροσβεστών εξαπλώθηκε. Πολλοί από αυτούς τους πυροσβέστες πεθαίνουν ακόμα από λευχαιμία.

Ο αντιδραστήρας έπιασε φωτιά και καιγόταν για μέρες. Όταν η δερμοκρασία στην καρδιά του αντιδραστήρα έφτασε τους $5000^{\circ}C$, υπήρξαν φόβοι ότι το περιβλήμα θα έλιωνε και θα βυθίζόταν το περιεχόμενο στη γη, καίγοντας ό,τι έβρισκε μπροστά του (έχετε δει την κινηματογραφική ταινία "Το σύνδρομο της Κίνας" ;) Τελικά ελικόπτερα κατάφεραν να φτάσουν αρκετά κοντά ρίχνοντας άμμο και μόλυβδο και να γύζουν τον αντιδραστήρα.

Η οροφή του αντιδραστήρα καταστράφηκε με την έκρηξη κι ένα ραδιενεργό νέφος εξαπλώθηκε πάνω από την Ουκρανία στην αρχή και κατόπιν μεταφέρθηκε πάνω από πολλές Ευρωπαϊκές χώρες.

Περισσότεροι από τριάντα άνδρωποι σκοτώθηκαν στο ατύχημα και η περιοχή γύρω από το Chernobyl εκκενώθηκε με μεταφορά 135.000 ανδρώπων. Όσοι δέχτηκαν μικρότερες δόσεις μπορεί να πάθουν καρκίνο ή λευχαιμία στο μέλλον. Ο τελικός απολογισμός δεν θα γίνει γνωστός πριν περάσουν πολλά χρόνια . . .

Ένα μέρος του ραδιενεργού νέφους έφτασε και στην Ελλάδα. Τα μέσα μαζικής ενημέρωσης βομβάρδιζαν το κοινό με όρους, εντελώς άγνωστους στους κοινούς ανδρώπους και καθώς δεν υπήρχε σαφής επίσημη ενημέρωση, ακούστηκαν πολλά παράλογα πράγματα, από ανδρώπους μη ειδικούς, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί στον κόσμο μια σύγχυση.

Εκτός από τον γνωστό "Πόλεμο των Super Market" όπου όλοι έτρεχαν ν' αγοράσουν συσκευασμένα προϊόντα (- "Άφησε κάτω αυτό το ΝΟΥΝΟΥ, εγώ το είδα πρώτος") ακούστηκαν διάφορα, του τύπου :

"Θα βράσω καλά τα χόρτα και θα εξαφανιστεί η ραδιενέργεια . . . "

"Με την κατεργασία που γίνεται στο γάλα όταν το φτιάχνουν τυρί, διαλύεται η ραδιενέργεια . . . "

"Με τον ήλιο που έχει σήμερα, έχει γεμίσει ραδιενέργεια . . . "

"Θα βάλω τα χόρτα στο γυγείο και μετά από λίγες μέρες θα τα φάω . . . "

ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥ CHERNOBYL

Το πιο επικίνδυνο είναι το στρόντιο-90 (^{90}Sr), που έχει χρόνο υποδιπλασιασμού 28 χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι από την ποσότητα που έφτασε στην Ελλάδα τότε, θα έχει μείνει η μισή το 2014.

Το στρόντιο-90 αντικαθιστά το ασβέστιο στα οστά. Εξίσου επικίνδυνο, αλλά ευτυχώς με μικρό χρόνο υποδιπλασιασμού - 8 μέρες - είναι το ιώδιο-131 (^{131}I).

Το καίσιο-137 (^{137}Cs), με χρόνο υποδιπλασιασμού 30 χρόνια, αντικαθιστά το κάλιο στον οργανισμό και είναι το αμέσως πιο επικίνδυνο.

Σε μικρότερες ποσότητες έφτασαν κρυπτό-85 (^{85}Kr), βάριο-140 (^{140}Ba) και άλλα . . .

Η ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΙ ΕΜΕΙΣ

Λίγο μετά την ανακάλυψη των ακτίνων X και της ραδιενέργειας παρατηρήθηκε πως αυτή μπορούσε να είναι ωφέλιμη και βλαβερή. Οι ακτίνες X και ορισμένα ραδιοϊσότοπα χρησιμοποιούνται στην ιατρική. Όμως η ραδιενέργεια παρουσιάζει και φοβερούς κινδύνους για τις ανθρώπινες ζωές.

Ένα σωματίδιο B, που περνάει μέσα από ζωντανή ύλη, συγκρούεται με μικρό μέρος των μορίων της και αφήνει μια τυχαία σειρά αλλαγμένων μορίων, μαζί με ιόντα που σχηματίζονται εκείνη τη στιγμή.

Αυτά τα ιόντα μπορούν να διασπάσουν πολύ περισσότερους δεσμούς ή να σχηματίσουν νέους, ισχυρούς δεσμούς, δημιουργώντας μόρια άχροστα ή και βλαβερά, για παράδειγμα να μετατρέψουν το νερό σε δραστικό υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2), που διαταράσσει την ισορροπία του κυττάρου.

Η ακτινοβολία γένει κι αυτή παρόμοια αποτελέσματα.

Ένα φωτόνιο γ μπορεί να προσδώσει μεγάλη κινητική ενέργεια σε ένα πλεκτρόνιο, που με τη σειρά του θα προσπέσει πάνω σε μόρια, προκαλώντας τις μεταβολές που είπαμε πιο πριν.

Ιδιαίτερα ευάλωτα είναι τα κύτταρα των λευκών αιμοσφαιρίων, της πρώτης γραμμής άμυνας του οργανισμού σε προσβολή από μικρόβια.

Η ραδιενέργεια ακόμη προσβάλλει τον μυελό των οστών μπλοκάροντας την παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων και προκαλεί λευχαιμία, μια καρκινοειδή αρρώστεια των οργάνων παραγωγής αίματος.

Μερικές φορές, ένα κύτταρο με κατεστραμμένο DNA από ακτινοβολία επιζεί, αλλά μεταφέρει στο δυγατρικό του λανθασμένες γενετικές πληροφορίες (μετάλλαξη). Μια γενετική αλλαγή αυτού του τύπου μπορεί να προκαλέσει καρκίνο, που θα αναπτυχθεί αργότερα στον ιστό. Οι περισσότερες μεταλλάξεις στα είδη πρέπει να προκλήθηκαν από τη φυσική ραδιενέργεια του αέρα, του νερού και του εδάφους.

Ενώ τα σωματίδια με μεγάλη ενέργεια (φωτόνια γή πλεκτρόνια) προκαλούν βλάβες μικρής έντασης, τα αργά, με σχετικά μεγάλη μάζα και φορτίο σωματίδια, όπως τα σωματίδια α μικρής ενέργειας, είναι πολύ καταστρεπτικά, γιατί προκαλούν πυκνές συγκρούσεις, σαν ένα ταύρο που ορμά σε ένα κοπάδι προβάτων. Δεν εισχωρούν όμως βαθιά, επειδή η ενέργειά τους απορροφάται με τις πολλές και κοντινές συγκρούσεις.

Κάτι ανάλογο συμβαίνει με τα σωματίδια που εκτινάσσονται από τον Ήλιο, κατά τη διάρκεια των ηλιακών εκρήξεων. Φτάνουν κοντά στη Γη σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα και ένα μέρος τους "συλλαμβάνεται" από το γήινο μαγνητικό πεδίο. Τα υπόλοιπα απορροφώνται στην ατμόσφαιρα κι ελάχιστα φτάνουν στην επιφάνεια της Γης.

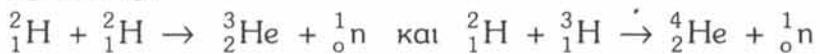
Οι αστροναύτες, που δεν προστατεύονται από πουδενά, απορροφούν μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας όταν βρίσκονται στο Διάστημα και θα μπορούσαν να σκοτωθούν αν τύχαιναν σε μια έντονη ηλιακή έκρηξη.



ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΣΥΝΤΗΞΗ : Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

Ένα ποτήρι νερό μπορεί να δώσει την ίδια ενέργεια με 1 τόνο πετρελαίου !

Όταν συντίκονται τα ισότοπα του υδρογόνου για να δώσουν πυρήνες πλίου σύμφωνα με τις εξισώσεις :



δίνουν πολύ μεγαλύτερη ενέργεια, παρά στη σχάση. Το ίδιο συμβαίνει και με πυρήνες άλλων στοιχείων, αλλά η ενέργεια που εκλύεται είναι μικρότερη. Τις αντιδράσεις σύντηξης στον Ήλιο και τα άλλα αστέρια τις λέμε *δερμοπυρηνικές*, επειδή η σύντηξη οφείλεται στην υγιεινή δερμοκρασία.

Οι δερμοπυρηνικές αντιδράσεις είναι ανάλογες με τις καύσεις : και στις δύο περιπτώσεις η αντίδραση αρχίζει λόγω της υγιεινής δερμοκρασίας και συντηρείται, λόγω της έκλυσης ενέργειας. Η διαφορά βρίσκεται στην κλίμακα.

Πριν την κατασκευή ατομικής βόμβας ήταν αδύνατη η επίτευξη τόσο υγιεινών δερμοκρασιών στη Γη. Όμως, όπως ένα απλό σπίρτο μπορεί να ανάγει ένα τεπόζιτο βενζίνης, το "σπίρτο" στη βόμβα υδρογόνου είναι μια ατομική βόμβα : όταν βρέθηκε πως η δερμοκρασία στο εσωτερικό της έκρηξης μιας ατομικής βόμβας είναι 4 - 5 φορές μεγαλύτερη απ' ό,τι στο κέντρο του Ήλιου, ήταν η αρχή για την κατασκευή μιας βόμβας υδρογόνου.

Στα τέλη της δεκαετίας του '40, οι Σοβιετικοί έφτιαζαν τα δικά τους πυρηνικά μανιτάρια.

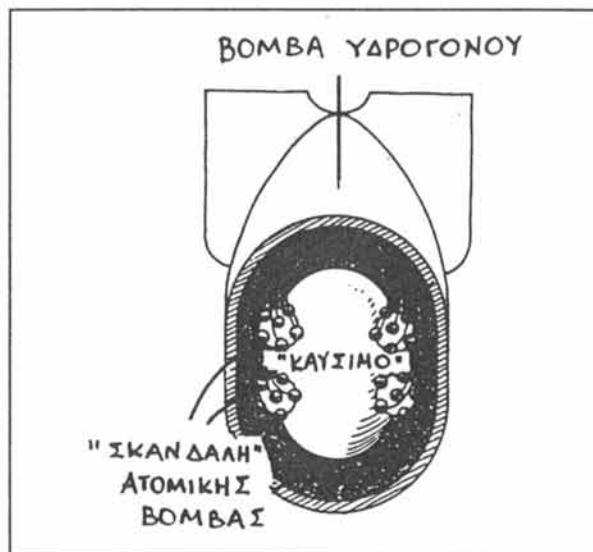
Οι Ηνωμένες Πολιτείες ανυπομονούσαν να βρεθούν επικεφαλής στην κούρσα των πολεμικών εξοπλισμών. Ήθελαν μια βόμβα υδρογόνου.

Τη σκυτάλη πίραν ο *Edward Teller*, ουγγρικής καταγωγής που είχε δουλέψει στην κατασκευή της βόμβας της Χιροσίμα και ο *Lyman Spitzer*, επικεφαλής του κλάδου Αστροφυσικής του Πανεπιστημίου του Princeton, που ήταν ειδικός στις εκρήξεις στην επιφάνεια των πλανητών, που οφείλονται σε υπέρδερμα αέρια.

Την 1η Νοεμβρίου 1952, σε ένα από τα νησάκια Eniwetok στον Ειρηνικό Ωκεανό, δοκιμάστηκε μυστικά η πρώτη βόμβα υδρογόνου.

Η έκρηξη "έσβησε" το μικρό νησί από το χάρτη κι άνοιξε ένα κρατήρα πλάτους δύο χιλιομέτρων στο βυθό του Ειρηνικού.

Οι Σοβιετικοί απαντούν ένα χρόνο αργότερα. Και το κυνήγι των εξοπλισμών συνεχίζεται. Μπαίνουμε στην εποχή του "γυχρού πολέμου" . . .



 Μένοντας έκδαμβοι μπροστά σε αυτό που παρουσιάστηκε στα μάτια τους, οι επιστήμονες σκέφτηκαν με ποιο τρόπο θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν αυτή την ενέργεια για ειρηνικούς σκοπούς, όπως είχε γίνει με την ατομική βόμβα.

Αυτό αποτέλεσε για τον Spitzer πρόβλημα ζωής . . .

Ο ΗΛΙΟΣ ΜΕΣΑ ΣΕ ΕΝΑ "ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ" ΜΠΟΥΚΑΛΙ

Οι δυσκολίες για μια ελεγχόμενη σύντηξη είναι πολλές. Αρχικά εφαρμόζονται υγιολές δερμοκρασίες, με σκοπό όλα τα άτομα να "γδυθούν" από τα πλεκτρόνιά τους.

Το μήγα των πυρήνων και των ελευθέρων πλεκτρονίων, λέγεται "πλάσμα". Οι πυρήνες είναι θετικά φορτισμένοι και για να υπερνικηθεί η άπωση, πρέπει να προσφέρουμε μεγάλα ποσά ενέργειας.

Ποιο υλικό όμως δα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να φτιαχτεί ένας τέτοιος αντιδραστήρας; Κανένα από τα γνωστά. Όλα λιώνουν γύρω στους 4000°C .

Σχεδιάστηκαν λοιπόν "τοιχώματα" από μαγνητικό πεδίο, όμως η επαφή με το πλάσμα επιβραδύνει τα ιόντα και η δερμοκρασία ελαττώνεται, γι' αυτό το πλάσμα πρέπει να μένει μακριά από το πεδίο.

Μια άλλη ελπιδοφόρα προσέγγιση είναι η σύντηξη με πολλαπλή δέσμη ακτίνων laser (λέιζερ). Η ενέργεια της δέσμης συμπιέζει ισχυρά το καύσιμο δευτερίου - τριτίου με σκοπό να διατηρηθεί η δερμοκρασία σε πολύ υγιολά επίπεδα επί αρκετό χρόνο για να αρχίσει η σύντηξη. Η επιτυχία απαιτεί ακριβή συγχρονισμό, γιατί κάποιο κρουστικό κύμα μπορεί να διαλύσει τα σφαιρίδια πριν τη σύντηξη.

Η ΣΥΝΤΗΞΗ ΘΕΡΜΑΙΝΕΙ ΤΟΝ ΨΥΧΡΟ ΠΟΛΕΜΟ

Ο *Igor Kurchatov*, ένας γηλός Ρώσος φυσικός με πυκνή γενειάδα, ήταν επικεφαλής του προγράμματος εξοπλισμού πυρηνικών όπλων της Σοβιετικής Ένωσης.

Την άνοιξη του 1956, συνοδεύοντας μιαν επίσημη αντιπροσωπεία του Κόμματος στην Αγγλία, έδωσε μια διάλεξη "Περί των δυνατοτήτων παραγωγής δερμοπυρηνικών αντιδράσεων σε εκκένωση αερίου", αφίνοντας άναυδο το κοινό, που το αποτελούσαν Αμερικανοί και Άγγλοι επιστήμονες που εργαζόντουσαν στη μελέτη της ελεγχόμενης σύντηξης. Ο Kurchatov ανέτρευε τους κανόνες του παιχνιδιού του γυχρού πολέμου και της μυστικότητας. Με εκπληκτική ειλικρίνεια ομολόγησε ότι η ΕΣΣΔ έκανε από το 1950 έρευνες για την ελεγχόμενη σύντηξη και κάλεσε τους επιστήμονες να συνεργαστούν σε αυτή την ειρηνική αναζήτηση.

Αργότερα, στη Διάσκεψη για την Ειρηνική Χρησιμοποίηση της Ατομικής Ενέργειας στη Γενεύη το 1958, άρχισε η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των επιστημόνων.

Στην ομάδα έρευνας του Kurchatov συμμετείχε εκείνη την εποχή κι ένας νεαρός, ο *Andrei Sakharov*. Ο Sakharov είχε σχεδιάσει τον πρώτο αντιδραστήρα σύντηξης, του οποίου τα σχέδια είχαν πάρει αργότερα οι Δυτικοί και είχε αναμιχθεί ενεργά στην κατασκευή της σοβιετικής βόμβας υδρογόνου. Για όλα αυτά πήρε τον τίτλο του Ήρωα της Σοσιαλιστικής Επανάστασης, τίτλο που έχασε όταν διαφώνησε αργότερα με την πγεσία του Κόμματος και εξορίστηκε στο χωριό Γκόρκι. Αποκαταστάθηκε το 1986, την εποχή της "περεστρόϊκα". Ο Sakharov πήρε το Νόμπελ Ειρήνης το 1975.

Στις επόμενες δεκαετίες η ελεγχόμενη σύντηξη συνάντησε πολλές δυσκολίες, το ίδιο και οι συζητήσεις για κοινή προσπάθεια.

Τελικά, οι επιστήμονες κατέληξαν στο να υπάρχει ένα πανευρωπαϊκό κέντρο, ενώ το άλλο δα βρισκόταν στο πανεπιστήμιο Princeton στην Αμερική. Το διεκδίκησαν η Αγγλία και η Γερμανία και το 1979, πάρθηκε η απόφαση να εγκατασταθεί στο εργαστήριο Culham στο πανεπιστήμιο της Οξφόρδης στην Αγγλία. Χρειάστηκαν πέντε (5) χρόνια και γύρω στο ένα (1) δισεκατομμύριο δολλάρια, αλλά τον Απρίλιο του 1984 η βασίλισσα Ελισάβετ και ο Φρανσουά Μιτεράν καμάρωναν στα εγκαίνια του JET → Joint European Torus : Κοινό Ευρωπαϊκό Τοροειδές (τοροειδές : δακτυλιοειδής σωλήνας, κάτι σαν λουκουμάς).

Το 1989, δύο επιστήμονες του πανεπιστημίου της Utah στην Αμερική, οι Stanley Pons και Martin Fleischmann ανακοίνωσαν ότι είχαν πραγματοποιήσει την γυχρή σύντηξη μέσα σε ένα σωλήνα, σε δερμοκρασία δωματίου. Αποδείχθηκε πως ήταν λάδος.

Το Νοέμβριο του 1991 το JET πραγματοποίησε το πρώτο πείραμα, στο οποίο το δευτέριο αντέδρασε με το τρίτο : ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$, με αποτέλεσμα να έχουμε επιτέλους, ύστερα από 40 χρόνια δεωρητικής και πειραματικής εργασίας, παραγωγή ενέργειας. Για μερικά δευτερόλεπτα η δερμοκρασία του πλάσματος ήταν 200 εκατομμύρια βαθμοί, ενώ οι πυκνότητες των ιόντων δευτερίου και τριτίου αρκετά μεγάλες. Το γεγονός ότι έγινε σύντηξη αποδείχθηκε και πειραματικά από τις μετρήσεις νετρονίων μεγάλης ενέργειας που παράχθηκαν.

- Εδώ πρέπει να σημειωθεί η συμμετοχή τεσσάρων (4) Ελλήνων στο πρόγραμμα.
- Το μηχανολογικό μέρος σχεδιάστηκε από το μηχανικό Στάμο Παπαστεργίου. Πρόκειται για τεχνολογικό επίτευγμα, καθώς η δερμοκρασία του ηλίου (He) που παράγεται, πρέπει να ελαττωθεί απότομα.
 - Ο Αντώνης Γαλέτσας σχεδίασε και επιμελήθηκε της κατασκευής τμημάτων του συστήματος τηλεχειρισμών.
 - Ο Άλκης Κωνσταντέλος έκανε τη σχεδίαση και επίβλεψη του συστήματος ελέγχου διαχωρισμού των ισοτόπων του υδρογόνου.
 - Τέλος, ο Χρήστος Χριστοδουλόπουλος ασχολήθηκε με τη σχεδίαση και κατασκευή συστημάτων μεταφοράς ρευμάτων υγρηής ισχύος.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Τα στοιχεία για τους Έλληνες που εργάστηκαν στο πρόγραμμα αυτό είναι από το βιβλίο "Σύντηξη" της R. Herman.

Η ΑΠΟΘΗΚΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Το υδρογόνο αποτελεί το 90% περίπου των ατόμων του Σύμπαντος. Αν στο μέλλον η σύντηξη κλιμακωθεί, οι απόγονοί μας θα έχουν μια αποδίκη στοιχείων, αφού αν συντίξουμε 8 πυρήνες δευτερίου έχουμε οξυγόνο (${}_{16}^8\text{O}$), με 26 έχουμε σίδηρο (${}_{26}^{52}\text{Fe}$) κ.ο.κ. Επίσης έχοντας λύσει το ενεργειακό πρόβλημα, θα μπορούν να ταξιδεύουν στο διάστημα, με καύσιμο το ίδιο υλικό που κάνει τα αστέρια να λάμπουν . . .

