

Στοιχειώδη σωματίδια

Γύρω στο 1930 η εικόνα που είχαν οι φυσικοί για τα στοιχειώδη σωματίδια- σωματίδια που τότε πίστευαν ότι **δεν είχαν συστατικά** – φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Τα σωματίδια ύλης

Σωματίδια	Σύμβολο	Μάζα MeV/c ²	Spin S	Φορτίο Q	Βαρυονικός B	Λεπτονικός L	Επιβεβαιωμένο;
Πρωτόνιο	p ⁺	938,3	1/2	+1	1	0	ναι
Νετρόνιο	n	939,6	1/2	0	1	0	ναι
Ηλεκτρόνιο	e ⁻	0,511	1/2	-1	0	1	ναι
Νετρίνιο	ν _e	≈0	1/2	0	0	1	όχι
Φωτόνιο	γ	0	1	0	0	0	ναι
Αντισωματίδια							
Αντιπρωτόνιο	p ⁺	938,3	1/2	-1	-1	0	όχι
Αντινετρόνιο	\bar{n}	939,6	1/2	0	-1	0	όχι
Αντιηλεκτρόνιο	e ⁺	0,511	1/2	+1	0	-1	ναι
Αντινετρίνιο	$\bar{\nu}_e$	≈ 0	1/2	0	0	-1	όχι

Μονάδα ηλεκτρικού φορτίου για τα στοιχειώδη σωματίδια θεωρήθηκε το φορτίο του πρωτονίου, το οποίο στο S.I ισούται με $1,6 \times 10^{-19}$ Cb.

Για τη μέτρηση της μάζας των στοιχειωδών σωματιδίων χρησιμοποιήθηκε το $1\text{MeV}/c^2$. Παρόλο που το 1MeV είναι μονάδα ενέργειας, μπορούμε να μετρήσουμε την μάζα σε MeV/c^2 , αφού από την περίφημη σχέση ισοδυναμίας μάζας- ενέργειας $E = m c^2 \Rightarrow m = E/c^2$.
 $1\text{MeV}/c^2 = 0,177 \times 10^{-29}$ Kg (S.I)

Οποδήποτε υπάρχει γύρω μας σύμφωνα με τη φυσική υπάρχει διότι δομείται από τα βασικά σωματίδια πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια τα οποία συνδυάζονται και φτιάχνουν τα άτομα των βασικών στοιχείων της φύσης. Τα άτομα αυτά με τη δική τους σειρά συνδυάζονται με εξαιρετικά πολλούς και πολύπλοκους τρόπους και φτιάχνουν το τεράστιο πλήθος των διαφορετικών υλικών που βλέπουμε στο περιβάλλον μας.

Η πολυπλοκότητα που προκύπτει από τον τεράστιο αριθμό συνδυασμών των σωματιών οφείλεται στην ύπαρξη κάποιων στοιχειωδών δυνάμεων, όπως η βαρυτική η ηλεκτρομαγνητική η ισχυρή και η ασθενής πυρηνική.

Η δύναμη που μπόρεσε να εξηγηθεί αρχικά ήταν η βαρύτητα (Newton) και μετά ο ηλεκτρομαγνητισμός (Coulomb, Faraday, Maxwell κτλ.)

Η τεχνολογική ανάπτυξη έδωσε πρόσβαση στο εσωτερικό του ατόμου και έγιναν τεράστιες προσπάθειες για να εξηγηθούν οι ασθενείς και ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις.

Η εξέλιξη της γνώσης για τη δομή της ύλης στηρίχθηκε στη μελέτη των ελαστικών κρούσεων, των μη-ελαστικών σκεδάσεων των σωματιδίων, σε διασπάσεις, αντιδράσεις σχάσης και σύντηξης πυρήνων και στην εκπομπή ραδιενέργειας α,β,γ.

Η μελέτη της δομής της ύλης κυρίως βασίστηκε στην σκέδαση των σωματιδίων (μέσα σε όλο και καλύτερους επιταχυντές) και στην παρατήρηση των προϊόντων, σε σχέση με τα αντιδρώντα σωματάρια.

Σκέδαση μιας δέσμης φωτός ή σωματιδίων λέγεται το φαινόμενο κατά το οποίο μια δέσμη φωτός ή σωματιδίων πέφτει πάνω σε ένα εμπόδιο ή συγκρούεται με μία άλλη δέσμη.

Ανάλογα με το είδος της σκέδασης και την ενέργεια των σωματιδίων (φωτονίων) μπορούν να συμβούν διάφορα φαινόμενα ή να δημιουργηθούν σωματάρια που είναι αδύνατον να παρατηρήσουμε με άλλους τρόπους.

Οι σκεδάσεις γίνονται μέσα σε **επιταχυντές** όπου τα σωματάρια αποκτούν τεράστια ταχύτητα άρα και ενέργεια, όταν φτάσουν στην επιθυμητή τιμή ενέργειας οδηγούνται σε σύγκρουση. Μετά την σύγκρουση παρατηρούμε τα προϊόντα μέσω **ανιχνευτών**.

Βλέπουμε ότι μπορεί να είναι τα ίδια τα αρχικά σωματάρια ή κάποια διαφορετικά τα οποία παρήχθησαν λόγω των συγκρούσεων αυτών.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των επιταχυντών και ανιχνευτών τις δεκαετίες του '40 και 50 έδωσε τη δυνατότητα στους ερευνητές να πειραματίζονται με σωματάρια όλο και μεγαλύτερων ενεργειών. Δημιουργούσαν δέσμες πρωτονίων και τα επιτάχυναν σε τεράστιες ταχύτητες κοντά στην ταχύτητα του φωτός, ώστε οι ενέργειες που αποκτούσαν ήταν αρκετά υψηλές. Η σκέδαση σωματιδίων με υψηλές ενέργειες προάγει τις γνώσεις μας πάνω στη δημιουργία του σύμπαντος αφού μπορεί να δημιουργήσει τις συνθήκες ώστε να παραχθούν νέα γνωστά ή άγνωστα σωματάρια. Ως ένα βαθμό μπορεί να αναπαραστήσει το "πρώιμο" σύμπαν με την έννοια ότι τότε οι ενέργειες των σωματιδίων ήταν παραπλήσιες με τις ενέργειες που επιτυγχάνουμε μέσω επιταχυντών.

Γύρω στη δεκαετία του 60 άρχισε να μορφοποιείται το σύγχρονο μοντέλο της σωματιδιακής φυσικής, καθώς σταδιακά νέα σωματάρια συμπλήρωναν τον κατάλογο των ήδη υπαρχόντων.

Όσον αφορά τα λεπτόνια (σωματάρια τα οποία ΔΕΝ αλληλεπιδρούν μέσω ισχυρών δυνάμεων) είχαν προστεθεί και επαληθευτεί το μιονίο το ηλεκτρονικό και το μιονικό νετρίνο, ενώ αργότερα (1977) προστέθηκε το ταυ λεπτόνιο και το αντίστοιχο νετρίνο του. Φυσικά την οικογένεια λεπτονίων συμπληρώνουν τα αντίστοιχα αντι-σωματάρια τους, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΛΕΠΤΟΝΙΩΝ

Σωματία	Σύμβολο	Μάζα (MeV/c ²)	Spin S	Φορτίο Q	Λεπτονικός L
Ηλεκτρόνιο	e ⁻	0,511	1/2	-1	1
Νεutrίνο	ν _e	≈0	1/2	0	1
Μιόνιο	μ ⁻	106	1/2	-1	1
Νεutrίνο μιονίου	ν _μ	< 0,2	1/2	0	1
Ταυ	τ ⁻	1777	1/2	-1	1
Νεutrίνο ταυ	ν _τ	< 20	1/2	0	1
Αντισωματία	Σε κάθε λεπτόνιο αντιστοιχεί και το αντίστοιχο αντι-λεπτόνιο ίδιας μάζας αντίθετου φορτίου και αντίθετου λεπτονικού αριθμού				

Τα πράγματα άλλαξαν πάρα πολύ όσον αφορά τα σωματίδια που αισθάνονται την ισχυρή δύναμη (αδρόνια). Πέρα από το πρωτόνιο το νεutrόνιο και τα αντισωματίά, τους σταδιακά ανακαλύφθηκαν πολλά αδρόνια με ακέραιο σπιν (μεσόνια) και με ημιακέραιο σπιν (βαρυόνια). Η οικογένεια αδρονίων συμπληρώνεται με τα αντίστοιχα αντισωματία, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΔΡΟΝΙΩΝ

	Σωματία	Σύμβολο	Μάζα (MeV/c ²)	Spin S	Φορτίο Q	Βαρυονικός B	Ισοσπιν I	Προβολή I στον Z (I ₃)	Παραξενιά s
Μεσόνια	Πιόνια	π ⁺	139.6	0	+1	0	1	1	0
		π ⁻	139.6	0	-1	0	1	-1	0
		π ⁰	135	0	0	0	1	0	0
	Καόνια	K ⁺	493.8	0	+1	0	1/2	+1/2	+1
		K ⁻	493.8	0	-1	0	1/2	-1/2	-1
		K ⁰	497.8	0	0	0	1/2	-1/2	+1
		\bar{K}^0	497.8	0	0	0	1/2	+1/2	-1
	Ήτα	η ⁰	549	0	0	0	0	0	0
η'		958	0	0	0	0	0	0	
Βαρυόνια	Πρωτόνιο	p ⁺	938.3	1/2	-1	+1	1/2	+1/2	0
	Νεutrόνιο	n	939.6	1/2	0	+1	1/2	-1/2	0
	Λάμδα	Λ ⁰	1116	1/2	0	+1	0	0	+1
	Σίγμα	Σ ⁺	1189	1/2	+1	+1	1	+1	-1
		Σ ⁻	1197	1/2	-1	+1	1	-1	-1
		Σ ⁰	1192	1/2	0	+1	1	0	-1
	Ξι	Ξ ⁰	1315	1/2	0	+1	1/2	1/2	-2
		Ξ ⁻	1321	1/2	-1	+1	1/2	-1/2	-2
	Ωμέγα	Ω ⁻	1672	3/2	-1	+1	0	0	-3

	Αντισωματίδια	Σε κάθε αδρόνιο αντιστοιχεί και το αντίστοιχο αντι-αδρόνιο ίδιας μάζας και αντίθετων των άλλων προσθετικών αριθμών
--	---------------	--

Σε ότι αφορά τους μη γνωστούς κβαντικούς αριθμούς:

Ο βαρυονικός αριθμός ξεχωρίζει τα σωματίδια που είναι βαρυόνια από αυτά που δεν είναι, δηλαδή κάθε μη βαρυόνιο έχει βαρυονικό αριθμό 0 ενώ κάθε βαρυόνιο 1

Ο κβαντικός αριθμός του Ισοσπιν προτάθηκε από τον Heisenberg για να δηλώσει ότι το πρωτόνιο και το νετρόνιο δεν αποτελούν ξεχωριστά σωματίδια, αλλά είναι δύο μορφές του ίδιου σωματιδίου που έχει ισοσπιν $I=1/2$. Αν η προβολή του ισοσπιν του στον άξονα z είναι $I_3=+1/2$ μιλάμε για πρωτόνιο ενώ αν είναι $I_3=-1/2$ για νετρόνιο.

Η παραξενιά (παραδοξότητα) είναι ένας κβαντικός αριθμός που προτάθηκε για να εξηγήσει την παράξενη συμπεριφορά κάποιων σωματιδίων, όπως του πιονίου (κατά τις συγκρούσεις του με πρωτόνια παράγονταν **πάντα** άρτιος αριθμός σωματιδίων) και την διάρκεια ζωής κάποιων παραγόμενων σωματιδίων που αργούσαν “πάρα” πολύ να διασπαστούν αντίθετα από τα συνηθισμένα σωματίδια που διασπώνταν σχεδόν αμέσως μετά τη δημιουργία τους.

ΝΟΜΟΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ

Από τη μελέτη των σκεδάσεων και διασπάσεων έγινε σαφές ότι από τις άπειρες αντιδράσεις που μπορεί κανείς να φανταστεί, ελάχιστες παρατηρούνται, ενώ άλλες δεν συμβαίνουν ποτέ. Υπάρχουν κάποιες αναγκαίες συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί μια αντίδραση.

ΑΠΟΛΥΤΟΙ ΝΟΜΟΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ

Μέχρι σήμερα δεν έχει παρατηρηθεί καμία διεργασία στη Φύση, που να παραβιάζει κάποιες από τις Αρχές Διατήρησης της Ενέργειας, της Ορμής και της Στροφορμής.

Ειδικά για τα στοιχειώδη σωματίδια για να είναι δυνατή μια αντίδραση πρέπει να ισχύουν:

1.	A.Δ.E	Αρχή Διατήρησης Ενέργειας	$E_{\text{ΠΡΙΝ}} = E_{\text{ΜΕΤΑ}}$
2.	A.Δ.O	Αρχή Διατήρησης Ορμής	$P_{\text{ΠΡΙΝ}} = P_{\text{ΜΕΤΑ}}$
3.	A.Δ.Σ	Αρχή Διατήρησης Στροφορμής	$J_{\text{ΠΡΙΝ}} = J_{\text{ΜΕΤΑ}}$
4.	A.Δ.H.Φ	Αρχή Διατήρησης Ηλεκτρικού Φορτίου	$Q_{\text{ΠΡΙΝ}} = Q_{\text{ΜΕΤΑ}}$
5.	A.Δ.B.A	Αρχή Διατήρησης Βαρυονικού Αριθμού	$B_{\text{ΠΡΙΝ}} = B_{\text{ΜΕΤΑ}}$
6.	A.Δ.L.A	Αρχή Διατήρησης Λεπτονικού Αριθμού	$L_{\text{ΠΡΙΝ}} = L_{\text{ΜΕΤΑ}}$

Η διάσημη μαθηματικός Emma Noether απέδειξε το 1915 ότι:

Σε κάθε **συνεχή** συμμετρία ενός φυσικού συστήματος αντιστοιχεί ένας νόμος διατήρησης και αντίστροφα. Άρα οι Νόμοι Διατήρησης είναι συνέπειες συνεχών συμμετριών:

Ομοιογένεια του χρόνου	→	Αρχή Διατήρησης Ενέργειας
Ομοιογένεια του χώρου	→	Αρχή Διατήρησης Ορμής
Ισοτροπία του χώρου	→	Αρχή Διατήρησης Στροφορμής

Η ύπαρξη εσωτερικών συμμετριών στον κόσμο των στοιχειωδών σωματιδίων οδηγεί

στους νόμους διατήρησης του φορτίου Q , του βαρυονικού B και του λεπτονικού αριθμού L .

Εκτός από τους Απόλυτους Νόμους Διατήρησης υπάρχουν και άλλοι οι οποίοι είναι προσεγγιστικοί, πρόκειται για νόμους που σέβεται η ισχυρή πυρηνική αλληλεπίδραση, αλλά που μπορούν να παραβιάζονται από την ηλεκτρομαγνητική ή την ασθενή.

Οι κβαντικοί αριθμοί του Ισοσπιν I της τρίτης προβολής του I_3 και της παραδοξότητας S διατηρούνται σε ισχυρές πυρηνικές αντιδράσεις, αλλά μπορεί να **μην** διατηρούνται σε ηλεκτρομαγνητικές ή σε ασθενείς πυρηνικές αντιδράσεις.

Παρατηρώντας τις αντιδράσεις μεταξύ σωματιδίων και με βάση τις συμμετρίες που έβλεπαν οι φυσικοί μπόρεσαν να προβλέψουν την ύπαρξη άγνωστων σωματιδίων.

Ο M. Gell-Mann και ο G. Zweig πρόβλεψαν την ύπαρξη μιας 3άδας σωματιδίων από τα οποία αποτελούνται τα βαρυόνια τα "κουάρκς" (Quarks).

Με βάση τις συμμετρίες πρότειναν ότι κάθε βαρυόνιο αποτελείται από 3 κουάρκς και κάθε μεσόνιο από 1 κουάρκ και 1 αντικουάρκ.

Δηλαδή **στοιχειώδη** σωματίδια είναι μόνο τα λεπτόνια και τα κουάρκς τα οποία συνδυάζονται και δομούν την ύλη.

Αρχικά είχαν προτείνει την ύπαρξη 3 κουάρκς των, πάνω (**u**), κάτω (**d**) και παράξενο (**s**) και των αντίστοιχων αντικουάρκς. Αργότερα προτάθηκαν άλλα τρία είδη κουάρκς με τα αντίστοιχα αντικουάρκς τους, τα χαριτωμένο (**c**), πυθμενικό (**b**) και κορυφαίο (**t**).

Κάθε κουάρκ έχει βαρυονικό αριθμό $B=1/3$ σπιν, $s=1/2$, φορτίο $Q=+2/3$ ή $Q=-1/3$.

Το ισοσπιν είναι $I=1/2$ για τα πάνω και κάτω και μηδέν για όλα τα άλλα.

Υπάρχουν και άλλοι αριθμοί που τα χαρακτηρίζουν όπως:

Η παραδοξότητα (παραξενιά) ζ που είναι **-1** για το παράξενο και μηδέν για όλα τα άλλα.

Η γοητεία C που είναι **1** για το γοητευτικό και μηδέν για όλα τα άλλα.

Η bottomness β που είναι **-1** για το πυθμενικό και μηδέν για όλα τα άλλα.

Η topness) T που είναι **1** για το κορυφαίο και μηδέν για όλα τα άλλα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΚΟΥΑΡΚΣ (QUARKS)

	Κουάρκς Quarks	Σύμβολο	Μάζα GeV/c ²	Spin s	Φορτίο Q	B	I	I₃	ζ	C	β	T
1η γενιά	Πάνω up	u	0,3	1/2	+2/3	1/3	1/2	1/2	0	0	0	0
	Κάτω down	d	0,31	1/2	-1/3	1/3	1/2	-1/2	0	0	0	0
2η γενιά	Παράξενο strange	s	0,5	1/2	-1/3	1/3	0	0	-1	0	0	0
	Χαριτωμένο charm	c	1,5	1/2	+2/3	1/3	0	0	0	1	0	0
3η	Πυθμενικό bottom	b	4,8	1/2	-1/3	1/3	0	0	0	0	-1	0

γενιά	Κορυφαίο top	t	174	1/2	+2/3	1/3	0	0	0	0	0	1
-------	-----------------	---	-----	-----	------	-----	---	---	---	---	---	---

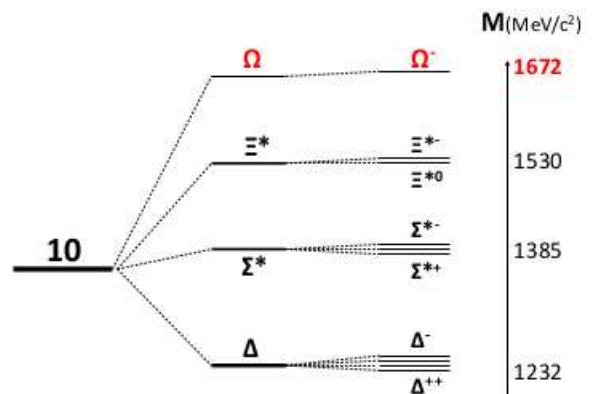
Σε κάθε κουαρκ αντιστοιχεί και το αντίστοιχο αντι-κουαρκ ίδιας μάζας και αντίθετων των άλλων προσθετικών αριθμών

Ιδιότητες

1. Η ισχυρή δύναμη δεν επιτρέπει την ύπαρξη ελεύθερων κουάρκς στην Φύση. Τα κουάρκς και τα αντικουάρκς **ποτέ δεν μπορούν να βρεθούν μόνα** στη φύση αλλά πάντα βρίσκονται σε δέσμιες καταστάσεις.
2. Κάθε κουαρκ χαρακτηρίζεται από το “χρώμα” του που μπορεί να είναι “πράσινο”, “κόκκινο” “μπλε” ή τα αντίστοιχα αντι-χρώματα.
3. Οι συνδυασμοί που μπορεί να υπάρχουν στη φύση τους πάντα έχουν **ουδέτερο “χρώμα”**. Δηλαδή ένα βαρυόνιο που έχει 3 κουάρκς το 1 θα είναι “κόκκινο” το άλλο θα είναι “πράσινο” και το άλλο “μπλε”. Συνολικό χρώμα, “λευκό”, δηλαδή ουδέτερο, όχι “χρώμα”. Σε ένα μεσόνιο που έχει 1 κουαρκ και 1 αντικουαρκ αν το κουαρκ είναι κόκκινο το αντικουάρκ θα είναι αντικόκκινο, κτλ. Συνολικά, “λευκό”, δηλαδή ουδέτερο, όχι “χρώμα”.
4. Υπάρχει δυσκολία να ορίσει κανείς τις μάζες των κουάρκς, αφού δεν είναι δυνατόν να απομονώσουμε ένα κουαρκ και πειραματικά να μετρήσουμε τη μάζα του. Έτσι η μάζα που μετράμε για τα κουάρκς, εξαρτάται από την μέθοδο μέτρησής τους.
5. Η ύλη δομείται **μόνο** από κουάρκς πάνω και κάτω αφού τα πρωτόνια και τα νετρόνια που αποτελούν τα άτομα είναι φτιαγμένα μόνο από αυτά τα κουάρκς. Κάθε πρωτόνιο είναι συνδυασμός 2 πάνω και 1 κάτω δηλαδή $p = uud$ ενώ κάθε νετρόνιο αποτελείται από 1 πάνω και 2 κάτω δηλαδή $n = udd$.
6. Σωματίδια όπως τα Καόνια τα Λάμδα τα Σίγμα τα Ξι περιέχουν εκτός τα πάνω – κάτω και άλλα είδη κουάρκς αλλά **δεν είναι σταθερά** και διασπώνται σχεδόν αμέσως μετά την δημιουργία τους. Λέγοντας σχεδόν αμέσως εννοούμε 10^{-22} sec περίπου για αυτά που διασπώνται εξαιτίας της ισχυρής πυρηνικής και 10^{-12} ως 10^{-10} sec περίπου για αυτά που διασπώνται εξαιτίας της ασθενούς πυρηνικής.
7. Τα σωματίδια που διασπώνται εξαιτίας της ασθενούς πυρηνικής είναι “εύκολο” να τα μελετήσουμε μιας και ο χρόνος ζωής τους είναι αρκετός ώστε να μπορούν να αφήνουν ίχνη σε θαλάμους φυσαλίδων, τέτοια σωματίδια είναι τα παράξενα, δηλαδή αυτά που περιέχουν τουλάχιστον παράξενο (s) κουαρκ.

ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΙΟΥ ΩΜΕΓΑ

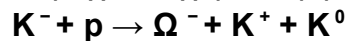
Το 1961-62 δεν ήταν γνωστό το σωματίο Ω^- , ήταν γνωστά τα άλλα 9 σωματίδια που ανήκαν στην ίδια ομάδα, την ομάδα βαρυονίων με σπιν 3/2. Σύμφωνα με τη θεωρία ομάδων έπρεπε να



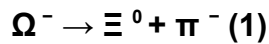
υπάρχουν 10 σωματίδια στην ομάδα αυτή, οπότε αφού ήταν γνωστά τα 9 οι φυσικοί μπορούσαν να ψάξουν για το δέκατο έτσι ώστε να επαληθεύσουν κατά κάποιο τρόπο την θεωρία τους.

Σύμφωνα με την θεωρία αυτή αρχικά ήταν σαν να υπήρχε ένα μόνο σωματίδιο το οποίο λόγω των ισχυρών δυνάμεων εκφυλιζόταν σε 4 τα Δ , Σ^* , Ξ^* και Ω και λόγω ηλεκτρασθενών εκφυλιζόταν περαιτέρω σε 10, ένα από αυτά το βαρύτερο, ήταν το Ω^- όπως φαίνεται στο σχήμα.

Το σωματίδιο αυτό μπορούσε να παραχθεί ισχυρά σύμφωνα με την αντίδραση



και να διασπασθεί ασθενώς, αρχικά σύμφωνα με την αντίδραση



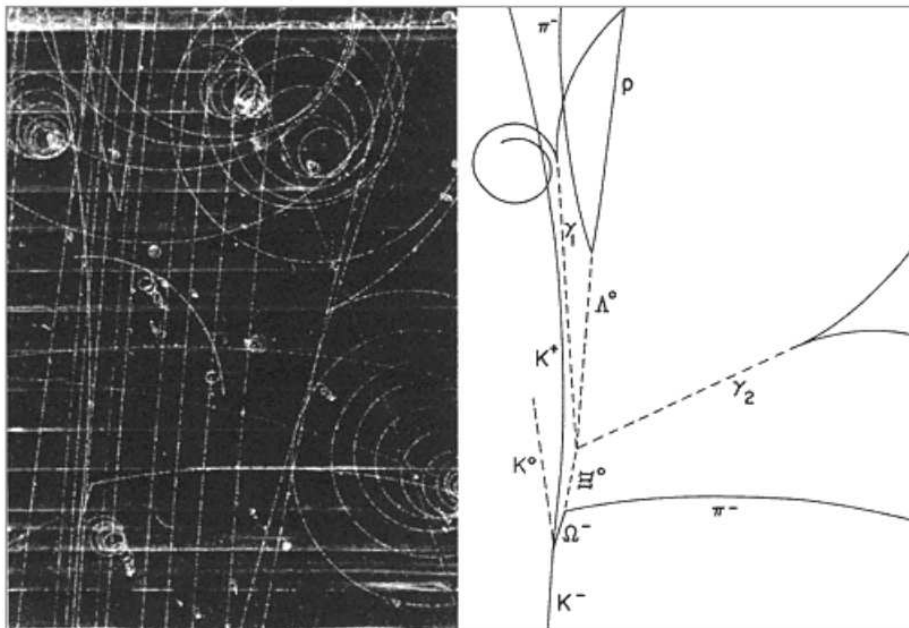
άρα ήταν δυνατόν να αφήσει ίχνη στο θάλαμο φυσαλίδων και έτσι να αναγνωρισθεί, πράγμα που έγινε το 1964 από την ομάδα του Samios στο Berkeley.

(1) εν συνεχεία $\Xi^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma + \gamma$ και $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$

Η φωτογραφία της ανακάλυψης του φαίνεται παρακάτω.

Από τη σύγκρουση K^- με το πρωτόνιο ενός ατόμου υδρογόνου του θαλάμου φυσαλίδων παράχθηκε Ω^- , σύμφωνα με την αντίδραση $K^- + p \rightarrow \Omega^- + K^+ + K^0$.

Στη συνέχεια διασπάσθηκε σύμφωνα με την αντίδραση $\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$



Ουσιαστικά με τον ίδιο τρόπο ανιχνεύονται και σήμερα τα σωματίδια, δηλαδή παίρνουμε τις φωτογραφίες που παράγονται στο θάλαμο φυσαλίδων και τις επεξεργαζόμαστε κατάλληλα.

Στοιχειώδεις δυνάμεις

α. βαρυτική

Ευθύνεται για την συγκρότηση του μεγάκοσμου, δηλαδή όλων των δομών που παρατηρούμε γύρω μας, όπως το ηλιακό σύστημα, τον γαλαξία, την τοπική ομάδα γαλαξιών, κτλ. Η συγκρότηση οφείλεται στην **έλξη** μεταξύ δύο οποιωνδήποτε μαζών, οι οποίες αν απέχουν r και θεωρηθούν στοιχειώδεις έλκονται σύμφωνα με τον νόμο της παγκόσμιας έλξης (Newton) όπου:

$$F_{\beta\alpha\rho} = -G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

β. ηλεκτρομαγνητική

Ευθύνεται για την συγκρότηση των ατόμων και τη δημιουργία μορίων δηλαδή τη συγκρότηση του μικρόκοσμου που οφείλεται στην **έλξη** ή **άπωση** μεταξύ δύο οποιωνδήποτε φορτίων, τα οποία αν απέχουν r και θεωρηθούν στοιχειώδη έλκονται ή απωθούνται σύμφωνα με τον νόμο του Coulomb όπου:

$$F_{\eta\lambda} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

γ. ασθενής

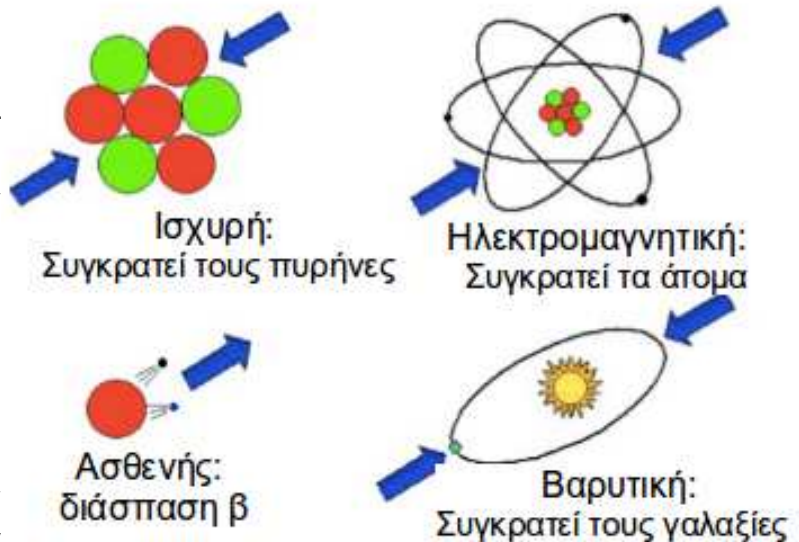
Η ασθενής πυρηνική δεν ευθύνεται για την δημιουργία δομών αλλά για το φαινόμενο της διάσπασης- β^\pm κατά το οποίο μέσα στον πυρήνα ενός ατόμου ένα πρωτόνιο μετατρέπεται σε νετρόνιο και αντίστροφα, εκπέμποντας ένα ηλεκτρόνιο (β^-) ή ένα ποζιτρόνιο (β^+).

δ. ισχυρή

Η ισχυρή πυρηνική ευθύνεται για την συγκρότηση του πυρήνα, αφού είναι η δύναμη που συγκρατεί τα πρωτόνια και τα νετρόνια μέσα σε αυτόν.

Ασκείται μεταξύ γειτονικών πρωτονίων και νετρονίων, είναι **ελκτική** και εξίσου ισχυρή για τα ζεύγη p-p, n-n και p-n.

Έχει **πολύ μικρή εμβέλεια**, δηλαδή ασκείται μόνο μεταξύ νουκλεονίων που η απόστασή τους είναι εξαιρετικά μικρή, μόλις απομακρυνθούν κάπως σχεδόν μηδενίζεται. Γι' αυτό το λόγο οι πυρήνες έχουν πάρα πολύ μικρό μέγεθος.

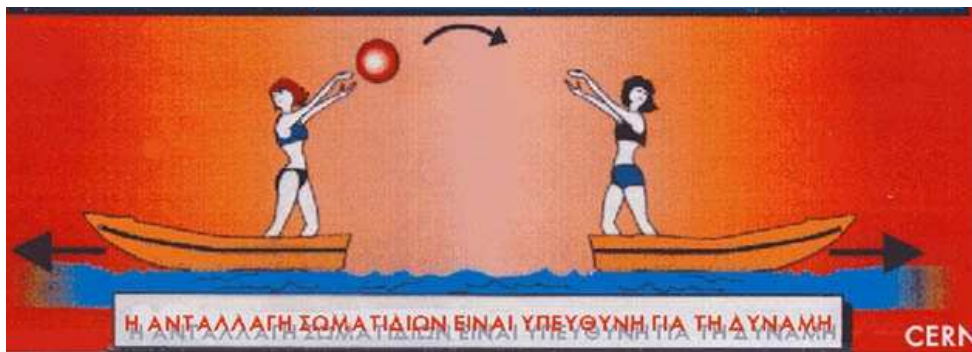


Τα σωματάρια φορείς

Μέχρι το 1960 περίπου θεωρούσαμε οι δυνάμεις στη φύση είχαν διαφορετική προέλευση η καθεμία και διαφορετικό μηχανισμό.

Σήμερα επικρατεί η άποψη ότι οι τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις έχουν “γεωμετρική προέλευση” και θεωρούνται ότι προκύπτουν εξαιτίας ανταλλαγής κάποιων σωματιών φορέων. Δηλαδή αυτό που λέμε δύναμη μεταξύ δύο σωματιών (σωματιδίων) δεν είναι τίποτα άλλο παρά η μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης, εξαιτίας της ανταλλαγής μεταξύ τους κάποιων σωματιδίων που λέγονται φορείς δύναμης.

Αυτός ο μηχανισμός μπορεί να περιγραφεί με την εικόνα που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Οι κοπέλες “ανταλλάσσουν” την μπάλα η οποία συγκρούεται με αυτές, αφού τα κορίτσια βρίσκονται μέσα στις βάρκες είναι δυνατόν με συνεχή εναλλαγή της μπάλας να κινηθούν αρκετά και να απομακρυνθούν κάπως η μία από την άλλη.

Ένας εξωτερικός παρατηρητής βλέποντας την αλλαγή στην κινητική τους κατάσταση την αποδίδει στην επίδραση κάποιας δύναμης.

Οι φορείς των δυνάμεων θεωρούνται διαφορετικοί για κάθε μία από αυτές.

Φορείς της βαρυτικής δύναμης θεωρούνται τα βαρυτόνια.

Φορείς της ηλεκτρομαγνητικής θεωρούνται τα φωτόνια

Φορείς της ασθενούς πυρηνικής θεωρούνται τα σωματάρια W^+ , W^- τα Z^0 και τα H (Higgs)

Φορείς της ισχυρής πυρηνικής θεωρούνται τα γλοϊόνια που έχουν χρώμα και αντι-χρώμα σε αντίθεση με τα κουάρκ που έχουν μόνο χρώμα.

Υπάρχουν 9 πιθανοί συνδυασμοί χρώματος – αντιχρώματος, άρα θεωρητικά θα έπρεπε να υπάρχουν 9 είδη γλοϊονίων, όμως ξέρουμε ότι υπάρχουν μόνο 8.

Το Higgs έχει παρόμοιες ιδιότητες με το Z^0 παρόλο που ίσως δεν είναι ακριβώς φορέας.

Η ύπαρξη του βαρυτόνιου δεν έχει ακόμα επαληθευτεί πειραματικά.

ΦΟΡΕΙΣ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

	φορείς	Σύμβολο	Μάζα GeV/c ²	Spin s
Ισχυρή	Γλοιόνια (gluons)	$G\bar{G}, G\bar{B}, G\bar{R}$	0	1
		$B\bar{G}, B\bar{B}, B\bar{R}$		
		$R\bar{G}, R\bar{B}, R\bar{R}$		
Ηλεκτρασθενής	Φωτόνιο	γ	0	1
	Μποζόνια	W^+, W^- Z^0	80.5 91.2	1
	Σωματίο (Higgs)	H;	125.1	0
Βαρυτική	Βαρυτόνιο	h	0	2

Πηγές

- Θ.Τομαράς: Στοιχειώδη σωματάρια και Θεμελιώδεις Δυνάμεις ([Mathesis ΦΥΣ.2.2](#))
- [Βικιπαίδεια, Wikipedia](#)
- CERN ([subatomic particles](#))