ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Αθήνα , Αύγουστος 2014

ΤΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟ HIGGS

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΤΟΥ ΣΕ ΠΟΛΥΜΕΣΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΣΙΑΡΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

ΤΡΑΚΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ , ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΣΕΜΦΕ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Τράκας Νικόλαος	Κουτσούμπας Γεώργιος	Ήργες Νικόλαος
Καθηγητής ΕΜΠ	Αν. Καθηγητής ΕΜΠ	Επίκ. Καθηγητής ΕΜΠ

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την σχεδίαση ενός ιστότοπου με τη χρήση γλώσσας χαρακτηρισμού υπερκειμένου HTML , προγράμματος επεξεργασίας εικόνας Photoshop και Adobe Flash για την δημιουργία των κινούμενων γραφικών. Το θέμα του ιστότοπου είναι η παρουσίαση του σωματιδίου HIGGS και ο τρόπος που παρατηρείται μέσω της παραγωγής και της διάσπασής του.

Στόχος είναι η προβολή της διαδικασίας όσο πιο απλοϊκά γίνεται ώστε να είναι κατανοητή και από επισκέπτες που δεν έχουν το απαραίτητο ακαδημαϊκό υπόβαθρο. Για να πετύχουμε το στόχο αυτό παρουσιάζονται άρθρα που προσεγγίζουν απλουστευτικά την φυσική ερμηνεία του σωματιδίου HIGGS και αναπαραστάσεις των τρόπων παραγωγής και διάσπασης του σωματιδίου με χρήση διαδραστικής εφαρμογής γραφικών.

Στο πρώτο μέρος θα αναφερθούμε στην εκλαΐκευση της επιστήμης και πιο συγκεκριμένα της Φυσικής και την σημασία αυτής για την εξέλιξη της κοινωνίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε το σωματίδιο HIGGS και τις ιδιότητες του.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα δώσουμε αναλυτικά παραδείγματα του τρόπου με τον οποίο δημιουργήθηκαν οι πολυμεσικές εφαρμογές και τον τρόπο λειτουργίας τους .

Στο τελευταίο μέρος θα δώσουμε πληροφορίες για την κατασκευή της ιστοσελίδας και θα επισυνάψουμε μέρος του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό.

Περιεχόμενα

1. **Εκλαΐκευση της Φυσικής**……..…...…….…..4

2. **Το σωματίδιο HIGGS**…….……6
2.1. Το μποζόνιο Higgs……..…….....9
2.2. Γεγονότα με Higgs-Διαγράματα Feynman.……..……10
2.3. Το καθιερωμένο πρότυπο…….……..13

3. **Προσομοιωτής Παραγωγής & Διάσπασης Higgs**…..……16
3.1. Λειτουργία Προσομοιωτή..……..……..16
3.2. Ανάπτυξη Προσομοιωτή…...…….……18
3.2.1. Ανάπτυξη μεμονωμένων σεναρίων……...…..18
3.3. Ανάπτυξη επιλογέα σεναρίων……..……..26
3.4. Μετατροπή Προσομοιωτή σε HTML5……..…….…….28

4. **Κατασκευή Ιστοσελίδας**……..29

5. **Βιβλιογραφία**……...…..33

Κεφάλαιο 1

Εκλαΐκευση της Φυσικής

Η ***εκλαΐκευση***, δηλαδή η μεταφορά εξειδικευμένης Γνώσης από τα κέντρα παραγωγής της προς ένα ευρύτερο κύκλο ανθρώπων, όχι απαραίτητα σχετικών με το θέμα, ήταν και παραμένει ένα σοβαρό πρόβλημα, ως προς την ανάγκη μεταφοράς αυτής καθ' εαυτής αλλά και ως προς τα μέσα που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθεί. Είναι γεγονός ότι από τον 18ο αιώνα (οπότε μπορούμε να μιλάμε για επιστημονική έρευνα με την σύγχρονή της έννοια) μέχρι τις αρχές του 20ου, οι επιστήμονες με διάφορους τρόπους (ανοικτές διαλέξεις, επιδείξεις πειραμάτων, ακόμα και κοινωνικές συναναστροφές), επιτελούσαν αυτό το έργο της μεταφοράς της Γνώσης. Η εκλαΐκευση φαίνεται λοιπόν να είναι συνυφασμένη με την έρευνα, στοιχείο που παρουσιάζεται ακόμα πιο έντονο στους αρχαίους χρόνους όταν οι φιλόσοφοι (εκτός από ορισμένες εξαιρέσεις) εξέθεταν στο λαό τις νέες θεωρίες τους εκλαϊκεύοντας τις ιδέες τους.

Από την 3η δεκαετία του 20ου αιώνα όμως, οι ραγδαίες εξελίξεις στην επιστήμη οδήγησαν σε μια ολοένα αυξανόμενη πολυπλοκότητα, ενώ η "γλώσσα" που χρησιμοποιείται πλέον στην έρευνα (και περιορίζομαι στην έρευνα των θετικών επιστημών) είναι τόσο τεχνική που κάνει την εκλαΐκευση όλο και πιο δύσκολη. Αποτέλεσμα είναι να αρχίσει να "παραμελείται" από τους επιστήμονες ο τομέας της εκλαΐκευσης και να φτάσουμε στο σημείο όπου οι νέοι ερευνητές, τα τελευταία 20 χρόνια, να αρνούνται πως υπάγεται και αυτή στις υποχρεώσεις τους. Πολλοί την αντιμετωπίζουν ως μείωση του επιπέδου, εγκατάλειψη της επιστημονικής ακρίβειας.

Όσον αφορά συγκεκριμένα την φυσική , Η διδασκαλία και παρουσίαση της είναι στην πραγματικότητα ουσιαστικά πιο δύσκολη από την έρευνα. Η τελευταία είναι μια επιστημονική δραστηριότητα, ενώ η διδασκαλία και η παρουσίαση είναι ένας συνδυασμός τέχνης και επιστήμης.

Τι είναι σύγχρονη Φυσική; Δικαιολογημένα μπορεί κάποιος να πει ότι σύγχρονη Φυσική είναι η Κβαντομηχανική και η Θεωρία της Σχετικότητας, συμπεριλαμβανομένων των αποτελεσμάτων αυτών των δύο θεωριών. Η εκλαΐκευση αμφότερων των γνωστικών πεδίων, τα οποία βεβαίως συνδέονται στενά μεταξύ τους, είναι αρκετά απαιτητική, καθώς πρέπει να καταβληθεί μεγάλη προσπάθεια προκειμένου να παρουσιαστούν με απλότητα στον αδαή. Ουσιαστικά διερωτάται κανείς γιατί είναι απαραίτητες οι εκλαϊκευτικές παρουσιάσεις αυτών των αντικειμένων. Σε τελική ανάλυση, η πλειονότητα των ανθρώπων δεν χρειάζεται τίποτε από αυτά στην καθημερινή ζωή. Λέγεται συχνά, ότι σε μια δημοκρατία ο πολίτης πρέπει να μπορεί να κρίνει καλύτερα τα όποια τεχνολογικού χαρακτήρα ερωτήματα, ενώ χρειάζεται επιστημονικές γνώσεις

προκειμένου να συμμετάσχει στη λήψη σημαντικών αποφάσεων. Αυτό είναι σωστό σε κάποιο βαθμό, αλλά οφείλουμε να πούμε ότι από τις εκλαϊκευτικές παρουσιάσεις που μπορεί να καταλάβει ο αδαής, δεν προκύπτει ιδιαίτερα μεγάλη δυνατότητα κρίσης για σημαντικά ζητήματα αναφορικά με τη διοίκηση μιας χώρας. Ωστόσο , τα παραπάνω αποτελούν μια από τις αιτίες για την αναγκαιότητα της εκλαΐκευσης. Οι εκλαϊκευτικές παρουσιάσεις συμβάλλουν στην κατάρριψη της άποψης που θεωρεί τον επιστήμονα, ούτε λίγο ούτε πολύ, ως ένα είδος μάγου και καθιστούν σαφές για τον αδαή, πως η επιστήμη είναι αποτέλεσμα λογικών θεωρητικών συλλήψεων και πειραμάτων, στα οποία δεν υπεισέρχεται καμία μαγεία και τίποτε το απόκρυφο, όπως πιστεύουν πολλοί άνθρωποι ακόμη και σήμερα.

Οι σύγχρονες θετικές επιστήμες, ιδιαίτερα η Φυσική και η Βιολογία, είναι ό,τι πιο θετικό έχει προσφέρει ο πολιτισμός του εικοστού αιώνα. η κοσμοθεώρησή μας έχει διευρυνθεί εντυπωσιακά, ιδιαίτερα με ιδέες που ίσως δεν έχουν αποκτήσει ακόμη την τελική τους μορφή, π.χ. τη Μεγάλη Έκρηξη, την πρώιμη εξέλιξη της ύλης, τη διαστολή του Σύμπαντος. Το κοινό δεν ενδιαφέρεται γι' αυτά μόνο από επιστημονικής άποψης, αλλά επίσης από φιλοσοφικής και συχνά θρησκευτικής άποψης. Υπ' αυτήν την έννοια, είναι ασφαλώς πιο εύκολο να αποφασίσουμε να παρουσιάσουμε στον αδαή αυτά τα ζητήματα, αφού ενδιαφέρεται τόσο πολύ γι’ αυτά, αν και παράλληλα είναι πολύ δύσκολο να εξηγήσουμε σωστά και απλά το περιεχόμενό τους. Τα μεγαλειώδη επιτεύγματα των επιστημών δεν έχουν εντυπωθεί επαρκώς στη συνείδηση του ευρέως κοινού, και εδώ έγκειται ένας από τους κύριους σκοπούς της εκλαΐκευσης της σύγχρονης Φυσικής. Αυτή η καλύτερη κατανόηση είναι απαραίτητη, καθώς σήμερα κυριαρχεί μια κριτική στάση απέναντι στη σημασία των θετικών επιστημών για το σημερινό πολιτισμό. Επιπλέον, η κατανόηση της φύσης παράγει μια στενότερη σχέση μεταξύ ανθρώπου και φύσης, και αυτό είναι επίσης πολύ σημαντικό, αφού σχετίζεται έντονα με την προστασία του περιβάλλοντος και τα σχετικά προβλήματα.

Κεφάλαιο 2

Το σωματίδιο Higgs

Τον τελευταίο χρόνο το ευρύ κοινό διαβάζει πληθώρα ανταποκρίσεων από τα ΜΜΕ, αλλά και επίσημες ανακοινώσεις του Ευρωπαϊκού Εργαστηρίου Φυσικής Σωματιδίων (CERN), για τα πειράματα που ξεκίνησαν ξανά μέσα στο 2009. Πέρα από τα τεχνολογικά επιτεύγματα που απαιτήθηκαν για να στηθούν αυτά τα πειράματα, από το τεράστιο μέγεθός τους, από τον μεγάλο αριθμό επιστημόνων που ασχολήθηκαν για την σχεδίαση, κατασκευή και λειτουργία τους, κεντρικό σημείο παραμένει βέβαια ο σκοπός τους. Με πολύ σύντομο τρόπο αυτός ο σκοπός θα μπορούσε να συνοψιστεί ως εξής:

(α) Έλεγχος για την πειραματική επιβεβαίωση του μόνου σωματιδίου που δεν έχει παρατηρηθεί, αλλά προβλέπεται από το Καθιερωμένο Πρότυπο (Standard Model), ένα θεωρητικό μοντέλο που οι προβλέψεις του συμφωνούν πλήρως με όλα τα πειραματικά δεδομένα τις τελευταίας τριακονταετίας
.
(β) Προσπάθεια παρατήρησης νέων πειραματικών διεργασιών που θα δώσουν τα πρώτα στοιχεία υπέρ ή κατά μιας πληθώρας νέων θεωρητικών προτύπων που επεκτείνουν το Καθιερωμένο Πρότυπο.

Στο κείμενο αυτό θα προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε την ανάγκη παρουσίας του σωματιδίου που φέρει το όνομα Higgs στο Καθιερωμένο Πρότυπο.

Οι θεωρίες που διατυπώνονται με σκοπό να περιγράψουν τη δομή της ύλης πρέπει όχι μόνο να περιγράφουν τα παρατηρούμενα φαινόμενα αλλά επίσης να μην προβλέπουν άλλα, που με βεβαιότητα, δεν εμφανίζονται στη φύση. Θα πρέπει να ελέγχεται κάθε πρόβλεψη μιας προτεινόμενης θεωρίας και να αποδεικνύεται ότι δεν έρχεται σε αντίφαση με τα παρατηρημένα φαινόμενα. Επιπλέον, και αυτό είναι εξ ίσου σημαντικό, οι θεωρίες αυτές θα πρέπει να είναι και αυτοσυνεπείς. Με απλά λόγια δεν θα πρέπει οι προβλέψεις τους να οδηγούν σε αφύσικα αποτελέσματα. Το μόνο είδος θεωριών που έχουμε κατασκευάσει και που υπακούουν στους παραπάνω αυστηρούς κανόνες είναι οι λεγόμενες **θεωρίες βαθμίδας.**

Στην περιγραφή της δομής της φύσης διακρίνουμε τα σωματίδια που συγκροτούν την ύλη (κουάρκ και λεπτόνια) και τα σωματίδια που είναι υπεύθυνα για την μετάδοση των δυνάμεων / αλληλεπιδράσεων μεταξύ των σωματιδίων και καλούνται φορείς των δυνάμεων. Σημειώνουμε ότι οι δυνάμεις αυτές ασκούνται μεταξύ των σωματιδίων τόσο της πρώτης ομάδας όσο και της δεύτερης. Η κύρια, επομένως, προσπάθεια είναι η περιγραφή των τεσσάρων παραπάνω αλληλεπιδράσεων ως θεωριών βαθμίδας .

Η πρώτη επιτυχής θεωρία βαθμίδας είναι η κβαντική ηλεκτροδυναμική, της οποίας η πλήρης διατύπωση έγινε κατά την δεκαετία του 1940 και αποτελεί την κβαντική επέκταση του ηλεκτρομαγνητισμού που διατύπωσε στο τέλος του 19ου αιώνα, ο Maxwell. Μεταξύ αυτών που ξεχωρίζουν για την διατύπωση της κβαντικής ηλεκτροδυναμικής είναι οι Feynman, Tomonaga και Schwinger. Το ότι το φωτόνιο δεν έχει μάζα ταιριάζει πλήρως με τη θεωρία βαθμίδας, διότι μια σοβαρή απαίτηση

των θεωριών αυτού του τύπου είναι ο φορέας της αλληλεπίδρασης να είναι άμαζος. Για να το κάνουμε λίγο πιο χειροπιαστό, μια θεωρία βαθμίδας περιγράφεται από μια σειρά μαθηματικών εκφράσεων. Σε κάθε όρο αυτών των εκφράσεων αποδίδουμε έννοιες όπως κινητική ενέργεια, δυναμική ενέργεια, αλληλεπίδραση μεταξύ σωματιδίων και τέλος μάζα για κάθε σωματίδιο. Ακριβώς, όρος μάζας που αντιστοιχεί σε σωματίδιο φορέα δεν επιτρέπεται στις μαθηματικές εκφράσεις μιας θεωρίας βαθμίδας γιατί αντιβαίνει στις αυστηρές απαιτήσεις αυτοσυνέπειας της θεωρίας.

Γνωρίζουμε ότι η ασθενής αλληλεπίδραση έχει μικρή ακτίνα δράσης. Επομένως, οι φορείς της W^+, W^- και Z^0 θα πρέπει να έχουν μάζα. Η δυσκολία, λοιπόν, περιγραφής της ασθενούς αλληλεπίδρασης ως θεωρίας βαθμίδας είναι εύλογη: θεωρία βαθμίδας με φορέα που να έχει μάζα είναι απαγορευτική. Το ξεπέρασμα αυτής της δυσκολίας μπήκε στο τραπέζι της έρευνας έντονα όταν άρχισε η προσπάθεια ενοποίησης της θεωρίας βαθμίδας του ηλεκτρομαγνητισμού με μια αντίστοιχη για την ασθενή αλληλεπίδραση. Το πρόβλημα, για να το βάλουμε πάλι σε πιο χειροπιαστή βάση, είναι η παρουσία, στις μαθηματικές εκφράσεις της θεωρίας βαθμίδας, όρου που να περιγράφει την μάζα του αντίστοιχου φορέα, ***με ταυτόχρονη όμως συμβατότητα με τους αυστηρούς κανόνες.***

Η ιδέα του Άγγλου φυσικού Higgs (αλλά και των Brout, Englert, Guralnik, Hagen, Kibble και Nambu) είναι ακριβώς το ξεπέρασμα της δυσκολίας αυτής και η εμφάνιση όρου μάζας για τα σωματίδια φορείς της ασθενούς αλληλεπίδρασης. Ποια λοιπόν ήταν η ιδέα αυτή; Κατ' αρχάς απαιτήθηκε η εισαγωγή στη θεωρία ενός νέου σωματιδίου με "παράξενες", αλλά πλήρως συμβατές με τους αυστηρούς κανόνες, ιδιότητες. Το νέο σωματίδιο (Higgs) διαφέρει τόσο από τα σωματίδια ύλης (κουάρκ και λεπτόνια) όσο και από τα σωματίδια φορείς των αλληλεπιδράσεων, αλληλεπιδρά δε μαζί τους. Όλα αυτά βέβαια αντικατοπτρίζονται στην εισαγωγή νέων όρων στις μαθηματικές εκφράσεις της θεωρίας. Κατάλληλη, αλλά και πλήρως αποδεκτή, επιλογή παραμέτρων στους όρους αυτοαλληλεπίδρασης του σωματιδίου higgs οδηγεί σε μια μικρή (αλλά πολύ σημαντική) μεταβολή. Ας προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε αυτήν την αναγκαία μεταβολή.

Η επίλυση των μαθηματικών (διαφορικών) εξισώσεων είναι πολύ δύσκολη στην κβαντομηχανική, ακόμα και σε απλά προβλήματα. Μια μέθοδος που μπορεί να προσεγγίσει την πραγματική λύση του εκάστοτε προβλήματος είναι η λεγόμενη διαταρακτική μέθοδος, η οποία περιγράφει τα φαινόμενα ως (μικρές) επάλληλες διαταραχές σε μια σταθερή κατάσταση, την κατάσταση ισορροπίας, την κατάσταση με την χαμηλότερη ενέργεια ή, με όρους κβαντομηχανικής, την κατάσταση του κενού. Ακριβώς, η κατάλληλη επιλογή των παραμέτρων στους όρους αυτοαλληλεπίδρασης του σωματιδίου Higgs, μας αλλάζει την κατάσταση του κενού. Η αναγκαία περιγραφή της θεωρίας, ξεκινώντας από το νέο κενό, είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση των επιθυμητών όρων μάζας για τα σωματίδια W και Z, χωρίς την παραμικρή παραβίαση των αυστηρών κανόνων που θέτουν οι θεωρίες βαθμίδας. Το βασικό απομεινάρι αυτού του μηχανισμού είναι το σωματίδιο Higgs.

Είναι πολύ λογικό, λοιπόν, να αναρωτηθούμε τι σχέση έχει αυτός ο μηχανισμός, που βοηθά να παρουσιαστούν οι κατάλληλοι όροι στις εξισώσεις μας με τη φύση; Το ότι το

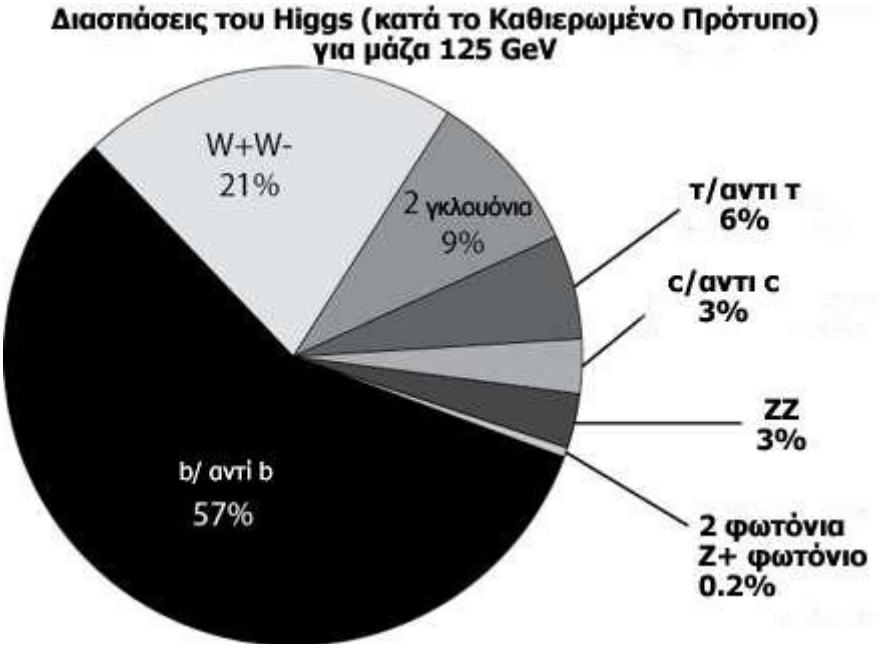
Higgs βοηθά στην παρουσία αυτών των όρων **δεν** είναι απόδειξη της ύπαρξής του. Πράγματι, μπορεί αυτός ο μηχανισμός να είναι απλώς ένα επιφαινόμενο και η φύση να είναι εξυπνότερη. Από την άλλη πλευρά, το πρότυπο (μοντέλο) που χρησιμοποιεί τον μηχανισμό αυτό είναι τόσο εκπληκτικά επιτυχές στις προβλέψεις του που θα ήταν άδικο να μην ενδιαφερθούμε να παρατηρήσουμε το σωματίδιο Higgs.

Αλλά, γιατί έως τώρα δεν έχουμε παρατηρήσει το σωματίδιο higgs? Για να παραγάγουμε ένα σωματίδιο στα πειράματα πρέπει να έχουμε διαθέσιμη ενέργεια κατ' ελάχιστο ίση με το γινόμενο της μάζας του σωματιδίου επί το τετράγωνο της ταχύτητας του φωτός. Επομένως, αν το Higgs έχει μεγάλη μάζα, τα έως σήμερα πειράματα δεν είχαν την ικανότητα να το παραγάγουν. Πράγματι, οι θεωρητικές προβλέψεις για τη μάζα του Higgs είναι τέτοιες ώστε να θεωρούμε ότι στα νέα πειράματα που ξεκίνησαν το 2009 στο CERN έχουμε επί τέλους ικανή ενέργεια να το παραγάγουμε και να το ανιχνεύσουμε.

Ένα άλλο ερώτημα που ακούγεται συχνά είναι κατά πόσο το Higgs είναι κύμα ή σωματίδιο. Ο δυϊσμός κύμα-σωματίδιο, που απασχόλησε επί μακρόν τους πρωτεργάτες της κβαντομηχανικής στο πρώτο μισό του 20ου αιώνα, περιγράφεται πλήρως στο πλαίσιο της «κβαντικής θεωρία πεδίου» που αποτελεί το πάντρεμα της κβαντομηχανικής και της θεωρίας της ειδικής σχετικότητας. Αυτός ο δυϊσμός ισχύει για κάθε σωματίδιο. Τι το παράξενο έχει λοιπόν το σωματίδιο Higgs; Στην κβαντομηχανική τα σωματίδια περιγράφονται από (κυματο)συναρτήσεις που εξαρτώνται από το χώρο και το χρόνο. Η ανυπαρξία κάποιου συγκεκριμένου σωματιδίου αντιστοιχεί στον μηδενισμό της αντίστοιχης συνάρτησης. Έτσι, θα περίμενε κανείς ότι το κενό θα αντιστοιχεί σε μηδενισμό όλων των συναρτήσεων των σωματιδίων. Για το Higgs τα πράγματα είναι διαφορετικά. Το «δικό» του κενό αντιστοιχεί σε μια σταθερή μεν, αλλά όχι μηδενική, τιμή της συνάρτησης που το περιγράφει σ' όλο το χώρο. Η απαίτηση αυτή προέρχεται από την κατάλληλη επιλογή παραμέτρων (που αναφέρθηκε παραπάνω) η οποία καθιστά την κατάσταση αυτή (με την μη μηδενική τιμή) να έχει χαμηλότερη ενέργεια από την αντίστοιχη με μηδενική τιμή. Γι' αυτό πολλές φορές αναφέρεται ότι το πεδίο Higgs γεμίζει το χώρο και ότι η μάζα που αποκτά κάθε σωματίδιο μπορεί να αποδοθεί στην «αντίσταση» που συναντά το σωματίδιο κινούμενο μέσα στο πεδίο του Higgs.

2.1 Το μποζόνιο Higgs

Το μποζόνιο Higgs είναι το μοναδικό σωματίδιο του Καθιερωμένου Πρότυπου που δεν έχει πλήρως ταυτοποιηθεί Παρ' όλα αυτά, τον Ιούλιο του 2012, τα πειράματα ATLAS και CMS ανακοίνωσαν την ανακάλυψη ενός νέου μποζονίου με μάζα στην περιοχή των 125 GeV, το οποίο φαίνεται να είναι συμβατό με το αναζητούμενο Higgs.
Το Καθιερωμένο Πρότυπο δεν προσδιορίζει την μάζα του Higgs. Βέβαια, για κάθε τιμή μάζας, το Πρότυπο προβλέπει την πιθανότητα παραγωγής του σε συγκρούσεις καθώς και τον τρόπο και τη πιθανότητα που το Higgs διασπάται σε άλλα σωματίδια. Το παρακάτω διάγραμμα συνοψίζει την πιθανότητα που ένα σωματίδιο Higgs με μάζα 125 GeV διασπάται σε διάφορα γνωστά σωματίδια.



Ένα τόσο βαρύ σωματίδιο, έχει ένα πολύ μικρό χρόνο ζωής και επομένως διανύει πολύ μικρό διάστημα. Επομένως, η άμεση παρατήρησή του απο τον ανιχνευτή ATLAS (και οποιονδήποτε άλλον ανιχνευτή) είναι αδύνατη.

Το σωματίδιο Higgs παράγεται κατά την διάρκεια των συγκρούσεων υψηλής ενέργειας στον επιταχυντή LHC. Τα πειράματα ATLAS και CMS έχουν παρατηρήσει διασπάσεις του Higgs (i) σε 2 σωματίδια Z, που με τη σειρά τους διασπώνται σε δύο ζευγάρια

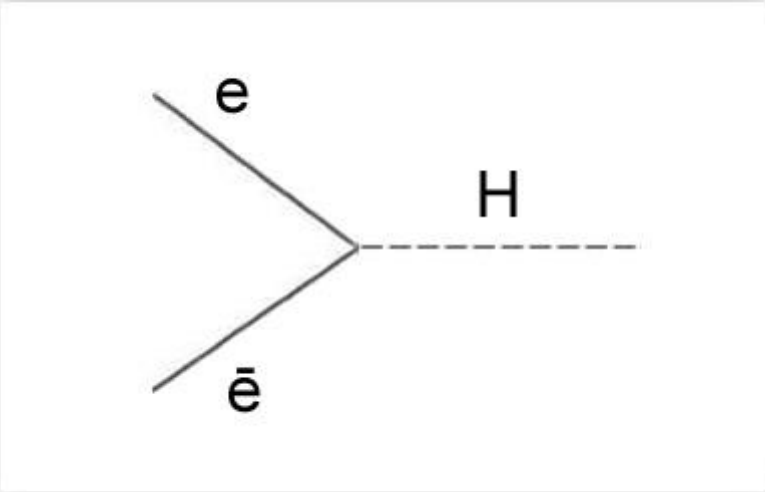
φορτισμένων λεπτονίων, (ii) σε δύο φωτόνια και (iii) σε δύο σωματίδια W που διασπώνται σε δύο φορτισμένα λεπτόνια και δύο νετρίνο.

Η ανακάλυψη στο CERN μιλάει για "σωματίδιο συμβατό με το Higgs" και όχι για το σωματίδιο Higgs! Ο λόγος είναι καθαρά επιστημονικός. Παρ' όλο που έχουν παρατηρηθεί διασπάσεις σε ZZ, W^+W^- και γγ, δεν έχουν παρατηρηθεί ακόμα διασπάσεις σε λεπτόνια και κουαρκ, και πιο συγκεκριμένα σε ζεύγος κουαρκ b και λεπτονίων τ. Αλλά γιατί παρατηρούμε μια τόσο "σπάνια" διάσπαση, όπως H→ γγ (με πιθανότητα 0.2%), και όχι μια πιο "συχνή" όπως H→ b/αντι-b (με πιθανότητα 57%); Στην τελευταία, τα δύο κουαρκ οδηγούν σε δύο πίδακες σωματιδίων που είναι πολύ δύσκολο να διακριθούν από το πλήθος παρόμοιων πιδάκων που παράγονται από τις ισχυρές αλληλεπιδράσεις.

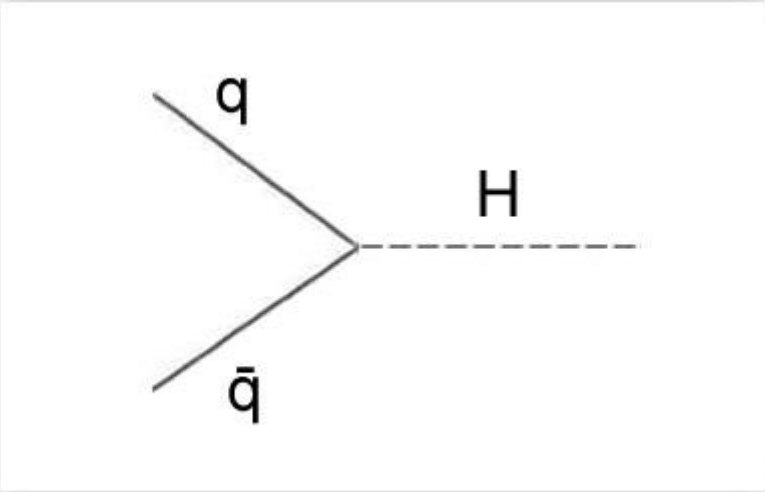
2.2 Γεγονότα με Higgs – διαγράμματα Feynmann

Η πρόκληση είναι τώρα να επιλέξουμε γεγονότα όπου είναι πιθανό να δημιουργήθηκε ένα Higgs. Αλλά πώς θα παρατηρήσουμε τέτοια γεγονότα όταν το Higgs με μάζα 125 GeV είναι βαρύτερο από το σωματίδιο Z που ζει μόνο $3x10^{-25}$ δευτερόλεπτα; Για να παρατηρήσουμε το Higgs, μελετάμε τις διασπάσεις του γιατί το ίδιο έχει πολύ μικρό χρόνο ζωής για να παρατηρηθεί.

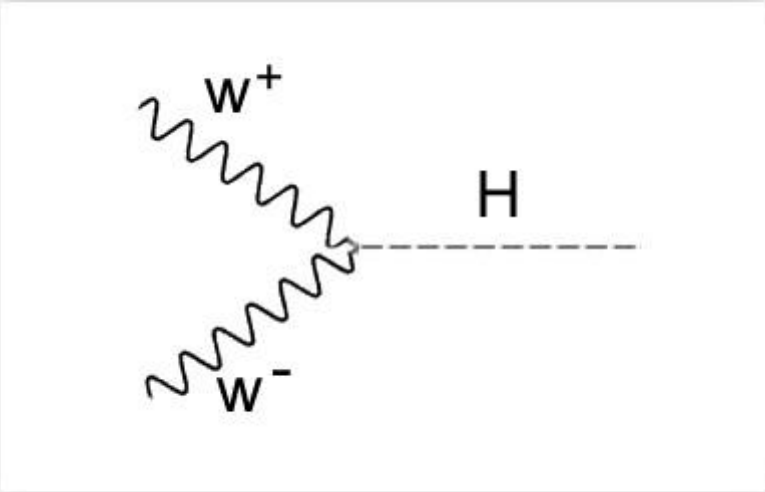
Το Higgs διασπάται με πολλούς αλλά καθορισμένους τρόπους. Υπάρχουν αρκετές διαφορές ανάμεσα στο Z και το Higgs, αλλά δεν θα ασχοληθούμε με αυτές εδώ. Επειδή ακριβώς το Higgs σχετίζεται άμεσα με την μάζα των σωματιδίων, έχει την τάση να αλληλεπιδρά πιο συχνά με βαριά σωματίδια. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται (μέ χρήση των διαγραμμάτων Feynman) οι τρόποι διάσπασης του Higgs .

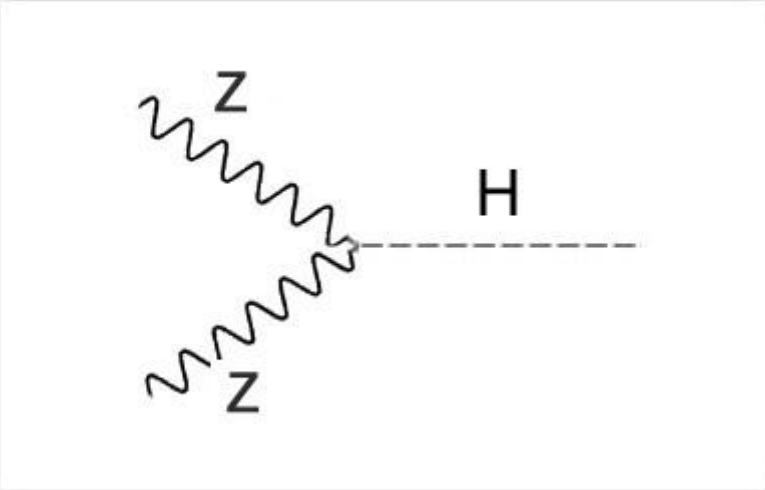


Με τα σωματίδια ύλης (κουαρκ και λεπτόνια) το Higgs αλληλεπιδρά με ζευγάρι σωματίδιο-αντισωματίδιο. Στην πρώτη εικόνα φαίνεται το σχετικό διάγραμμα για ηλεκτρόνιο-ποζιτρόνιο. Το ίδιο διάγραμμα έχουμε για τα λεπτόνια μ και τ.



Στο δεύτερο διάγραμμα φαίνεται η αλληλεπίδραση με κουαρκ-αντικουαρκ. Το q μπορεί να είναι ένα από τα έξι κουαρκ, u, d, c, s, t και b. Η αλληλεπίδραση είναι ανάλογη με τη μάζα του κουαρκ. Επομένως, η αλληλεπίδραση με το υψηλό (t) κουαρκ είναι ισχυρότερη.





Το Higgs, αλληλεπιδρά και με τους φορείς της ασθενούς αλληλεπίδρασης, τα W+, W- και Z. Στο τρίτο και τέταρτο διάγραμμα φαίνονται αυτές οι αλληλεπιδράσεις.
Τέλος, υπάρχουν και αυτο-αλληλεπιδράσεις του Higgs (κόμβος με τρία και τέσσερα Higgs) αλλά δεν χρειάζονται στη συγκεκριμένη ανάλυση που κάνουμε.

2.3 Το καθιερωμένο πρότυπο

Η Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων μελετά τα θεμελιώδη συστατικά της ύλης και τις αλληλεπιδράσεις τους. Η τρέχουσα θεωρία που συνοψίζει κομψά τη γνώση μας γι' αυτό το πεδίο είναι το Καθιερωμένο Πρότυπο το οποίο περιγράφει τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα θεμελιώδη σωματίδια και τα αντισωματίδιά τους. Τα θεμελιώδη σωματίδια της ύλης ομαδοποιούνται σε 3 οικογένειες, ή γενιές, κουάρκ και λεπτονίων όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.

Η ηλεκτρομαγνητική, η ασθενής και η ισχυρή δύναμη διαδίδονται μέσω ανταλλαγής σωματιδίων που καλούνται μποζόνια, η ύπαρξη των οποίων απαιτείται από θεμελιώδεις συμμετρίες σχετιζόμενες με νόμους διατήρησης. Η ηλεκτρομαγνητική δύναμη, με άπειρη ακτίνας δράσης, διαδίδεται μέσω του φωτονίου, που είναι άμαζο, και ο αντίστοιχος νόμος είναι η διατήρηση του ηλεκτρικού φορτίου. Η ισχυρή δύναμη μεταξύ των κουάρκ, με μικρή ακτίνα δράσης, διαδίδεται μέσω των "έγχρωμων" γκλουονίων (που είναι άμαζα) και ο αντίστοιχος νόμος είναι η διατήρηση του "χρωματικού" φορτίου.

Σε υψηλές ενέργειες, η ηλεκτρομαγνητική και η ασθενής δύναμη περιγράφονται από μια γενικευμένη ηλεκτρασθενή δύναμη. Τα σωματίδια W και Z, τα οποία διαδίδουν την ασθενή δύναμη, έχουν μάζα, πράγμα συμβατό με τη μικρή ακτίνα δράσης της ασθενούς δύναμης. Το "ασθενές" φορτίο δεν είναι αντιληπτό και, αντίθετα από το ηλεκτρικό φορτίο, δεν διατηρείται. Το γεγονός ότι οι μάζες των σωματιδίων είναι πάρα πολύ μικρές, κάνει την βαρύτητα αμελητέα σε σύγκριση με τις άλλες τρεις δυνάμεις.
Τα λεπτόνια είναι ελεύθερα σωματίδια. Μπορεί να είναι φορτισμένα (e^-, μ^-, τ^-), οπότε αντιλαμβάνονται τις ηλεκτρομαγνητικές και ασθενείς δυνάμεις, ή ουδέτερα (νετρίνο: ν_e, ν_μ, ν_τ), οπότε αντιλαμβάνονται μόνο τις ασθενείς δυνάμεις. Τα κουάρκ αντιλαμβάνονται και τις τρεις δυνάμεις. Δεν συναντώνται ελεύθερα στη φύση. Παρατηρούνται μόνο σύνθετες καταστάσεις που αποτελούνται από κουάρκ και καλούνται αδρόνια. Τα πιο συνηθισμένα αδρόνια είναι το πρωτόνιο και το νετρόνιο.

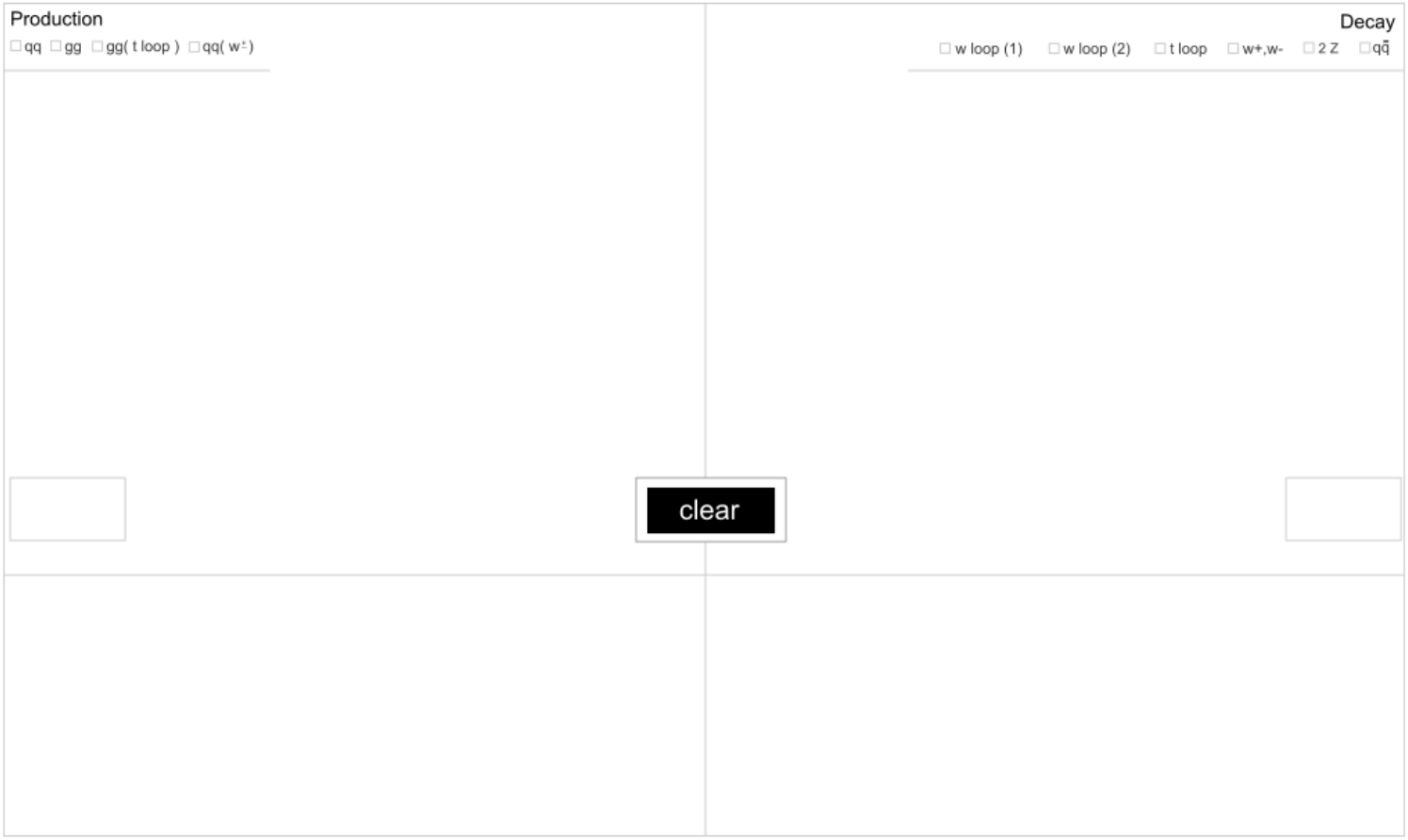
Αν, στο πλαίσιο του Καθιερωμένου Προτύπου, θεωρήσουμε τα σωματίδια ότι έχουν μάζα, η ηλεκτρασθενής συμμετρία παραβιάζεται και η θεωρία μας αρχίζει και παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα προβλεψιμότητας και αυτοσυνέπειας.

Για να αποφευχθεί αυτό, χρησιμοποιείται ο "μηχανισμός Higgs" που παραβιάζει αυθόρμητα τη συμμετρία, θεωρώντας ότι το κενό είναι γεμάτο από ένα νέο πεδίο το οποίο φέρει μόνο ασθενές φορτίο. Τα σωματίδια που φέρουν ασθενές φορτίο (W, Z, κουάρκ και λεπτόνια, το σωματίδιο Higgs, H ,το συσχετιζόμενο με το πεδίο Higgs) επιβραδύνονται αλληλεπιδρώντας με το πεδίο Higgs, και "αποκτούν" μάζα. Η μάζα του ίδιου του σωματιδίου higgs, m_H, δεν προβλέπεται από τον μηχανισμό Higgs, αλλά, ακριβείς μετρήσεις των τελευταίων δεκαετιών την περιορίζουν στην περιοχή των 100 φορές τη μάζα του πρωτονίου.
Τα πειράματα ATLAS και CMS στον επιταχυντή LHC πρόσφατα παρατήρησαν ένα νέο σωματίδιο συμβατό με το σωματίδιο Higgs.

Κεφάλαιο 3 . Προσομοιωτής Παραγωγής & Διάσπασης Higgs

3.1 Λειτουργία Προσομοιωτή

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται ο προσομοιωτής παραγωγής και διάσπασης σωματιδίων Higgs στην αρχική του κατάσταση. Στο αριστερό μέρος εξελίσσεται η παραγωγή και περιλαμβάνει 4 εναλλακτικά σενάρια ενώ στο δεξιό μέρος εξελίσσεται η διάσπαση και περιλαμβάνει 6 εναλλακτικά σενάρια

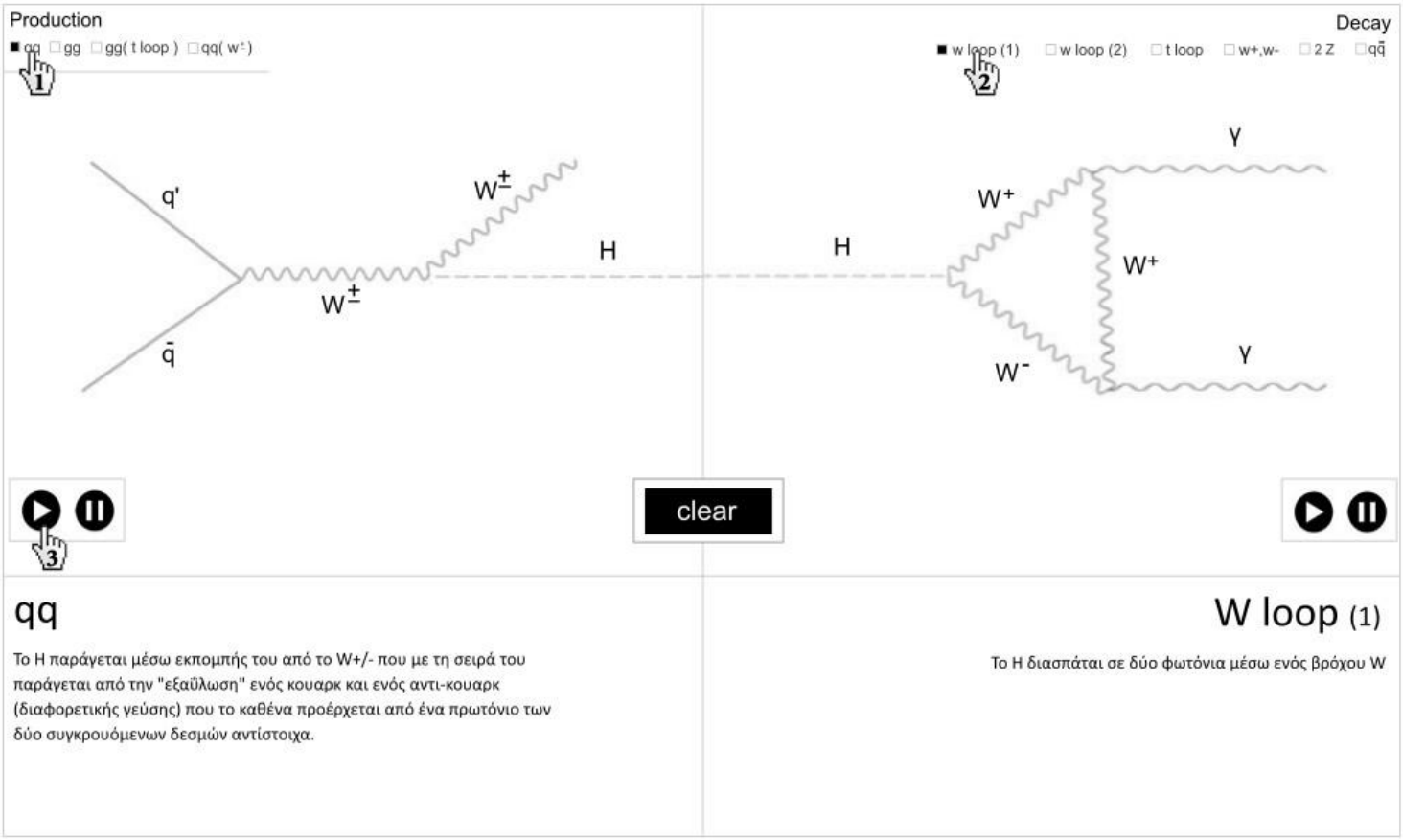


Εικόνα 1

Για να ξεκινήσει ένα σενάριο παραγωγής και διάσπασης ακολουθούμε τα βήματα όπως αυτά παρουσιάζονται με τον κέρσορα στην επόμενη εικόνα.

1. Επιλέγουμε το σενάριο παραγωγής.
2. Επιλέγουμε το σενάριο διάσπασης.
3. Πατάμε play στο σενάριο παραγωγής που επιλέξαμε.

Με αυτό τον τρόπο η διάσπαση εξελίσσεται ως συνέχεια της παραγωγής.



Εικόνα 2

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να δούμε οποιοδήποτε σενάριο είτε της παραγωγής είτε της διάσπασης να εξελίσσεται ανεξάρτητα επιλέγοντας το σενάριο που επιθυμούμε και πατώντας το play που αντιστοιχεί σε αυτό. Με το clear ο προσομοιωτής επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

3.2 Ανάπτυξη Προσομοιωτή

Η ανάπτυξη του Προσομοιωτή χωρίστηκε σε τρία βασικά στάδια.

Το πρώτο στάδιο ήταν η ανάπτυξη της αναπαράστασης του κάθε σεναρίου παραγωγής και διάσπασης.

Το δεύτερο στάδιο ήταν η ανάπτυξη του «επιλογέα σεναρίων» που επί της ουσίας είναι ο μηχανισμός που βλέπουμε στην εικόνα 1 και μας δίνει τη δυνατότητα να επιλέγουμε και να συνδυάζουμε σενάρια παραγωγής και διάσπασης.

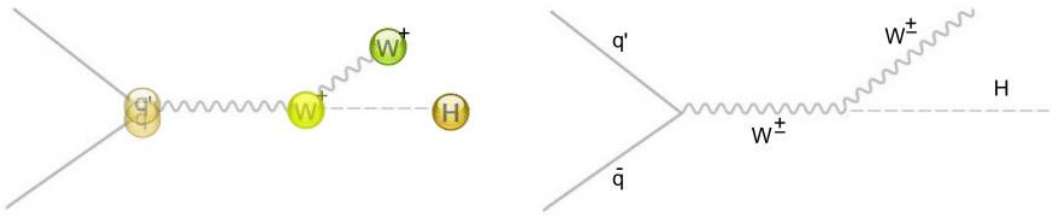
Το τρίτο στάδιο ήταν η μετατροπή του συνόλου των αρχείων του Προσομοιωτή από swf σε HTML5 ώστε να μην έχει προβλήματα συμβατότητας με φορητές συσκευές.

3.2.1 Ανάπτυξη μεμονωμένων σεναρίων

Συνολικά αναπτύχθηκαν 4 σενάρια παραγωγής και 6 σενάρια διάσπασης. Όλα τα σενάρια αναπτύχθηκαν με την εφαρμογή Adobe Flash CS3 και το αποτέλεσμα επί της ουσίας ήταν 10 αναπαραστάσεις (animations) τύπου αρχείου swf.

Η μεθοδολογία ανάπτυξης που ακολουθήθηκε ήταν ακριβώς η ίδια και για τις 10 παραστάσεις. Για την αποδοτικότερη περιγραφή της μεθοδολογίας ανάπτυξης των σεναρίων θα χρησιμοποιηθεί ως παράδειγμα το πρώτο animation παραγωγής το οποίο φέρει τίτλο qq.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4 αυτή είναι η παράσταση προς ανάπτυξη.

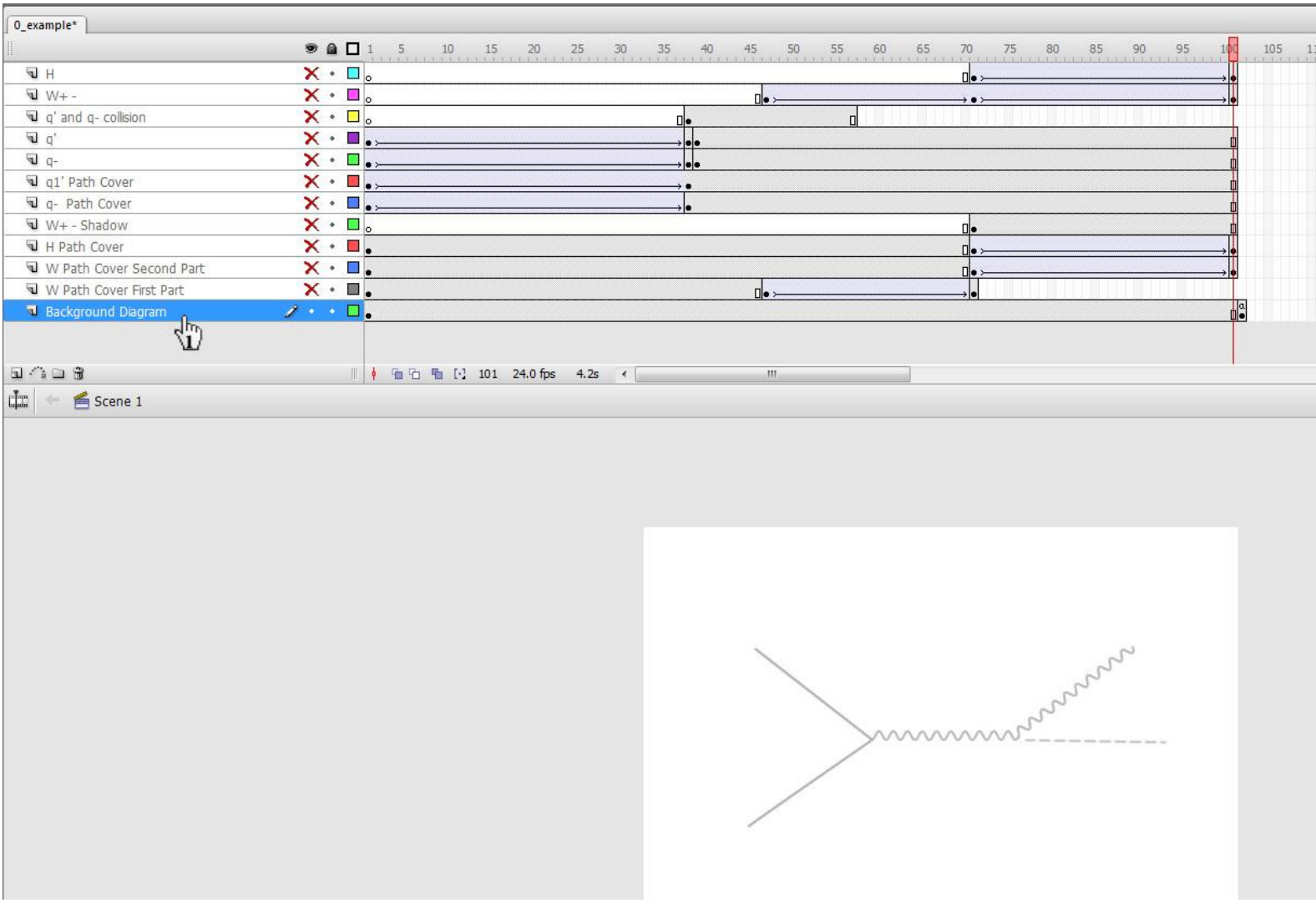


Εικόνα 4

Τα βήματα τα οποία ακολουθήθηκαν είναι.

Α. Δημιουργία διαδρομής

Μετά την εκκίνηση της εφαρμογής δημιουργούμε ένα layer το οποίο ονομάζουμε Background Diagram και στο οποίο βάζουμε την εικόνα που περιέχει το σχεδιάγραμμα με τις διαδρομές που ακολούθησαν τα σωματίδια.

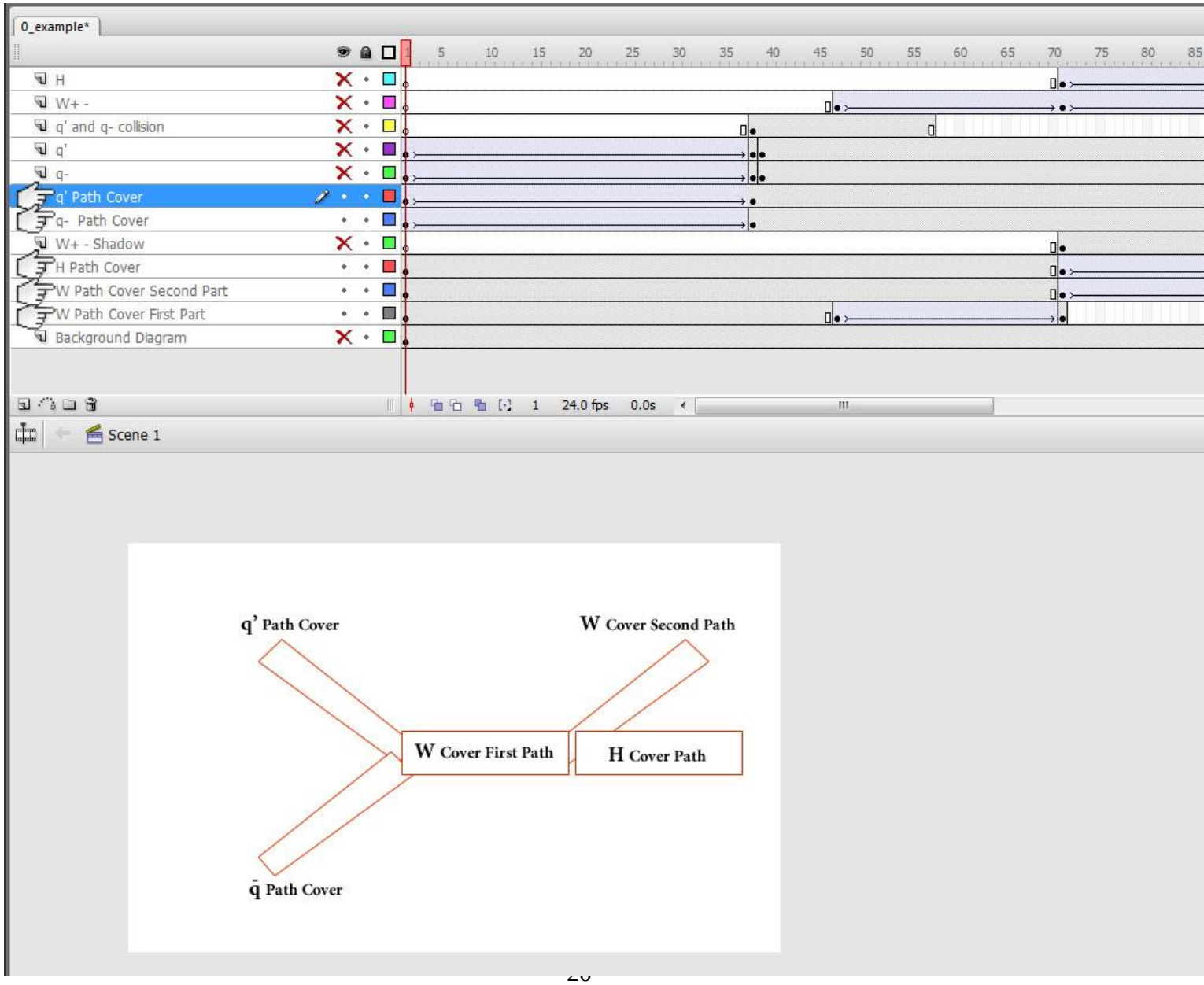


Εικόνα 5

Β. Κάλυψη διαδρομής

Από τη στιγμή που η διαδρομή των σωματιδίων θα δημιουργείται σαν ίχνος που θα αφήνουν πίσω τους καθώς κινούνται, θα πρέπει αρχικά να έχουμε μία λευκή επιφάνεια η οποία σταδιακά θα περιορίζεται ώστε να αποκαλύπτεται ο χάρτης των διαδρομών. Πιο συγκεκριμένα δημιουργούμε 5 λευκά κάλυπτρα τα οποία θα καλύψουν κάθε μία από τις 4 διακριτές διαδρομές όπως αυτές φαίνονται στην εικόνα 6. Τα κάλυπτρα ονομάζονται κατά σύμβαση path covers και το καθένα αντιστοιχεί στη διαδρομή ενός σωματιδίου. Για παράδειγμα το πρώτο απο τα δεξιά κάλυπτρο ονομάζεται H Path Cover γιατί καλύπτει τη διαδρομή του H.

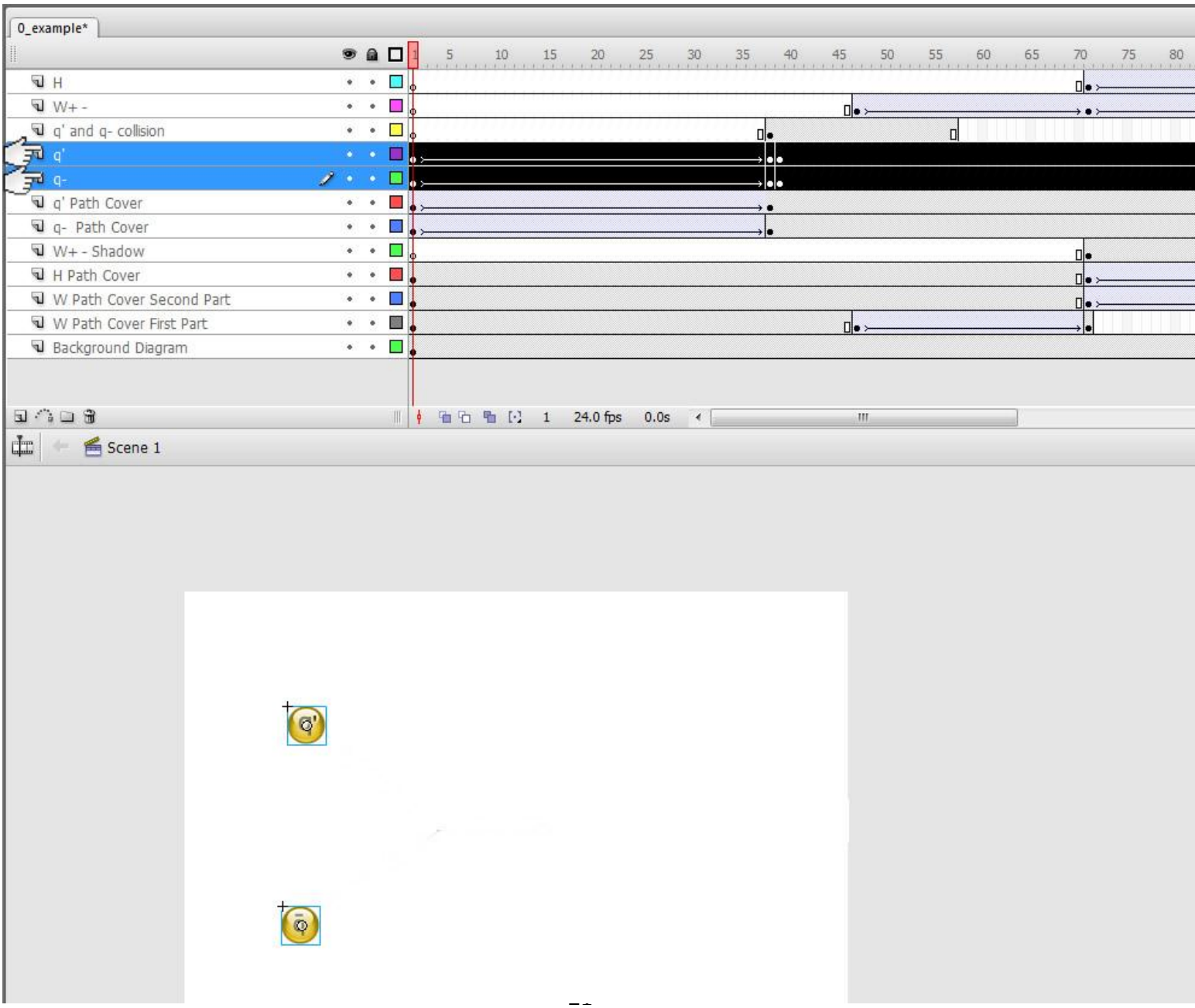
Για κάθε κάλυπτρο δημιουργούμε ένα layer όπως φαίνεται αριστερά και για το κάλυπτρο χρησιμοποιούμε ένα διάνυσμα που μπορεί εύκολα να σχεδιαστεί με τα εργαλεία του adobe flash. Το κόκκινο περίγραμμα στα κάλυπτρα μπήκε στην παρακάτω εικόνα προκειμένου να είναι διακριτά ενώ στο πραγματικό animation δεν χρησιμοποιείται. Στην παρακάτω εικόνα επίσης φαίνεται πιο κάλυπτρο αντιστοιχεί σε ποιο layer.



Ολοκληρώνοντας και το δεύτερο βήμα, έχουμε στο κάτω επίπεδο τον χάρτη των διαδρομών των σωματιδίων και στα επόμενα επίπεδα απο επάνω τα κάλυπτρα τα οποία τον καλύπτουν.

Γ. Τοποθέτηση Αρχικών Σωματιδίων

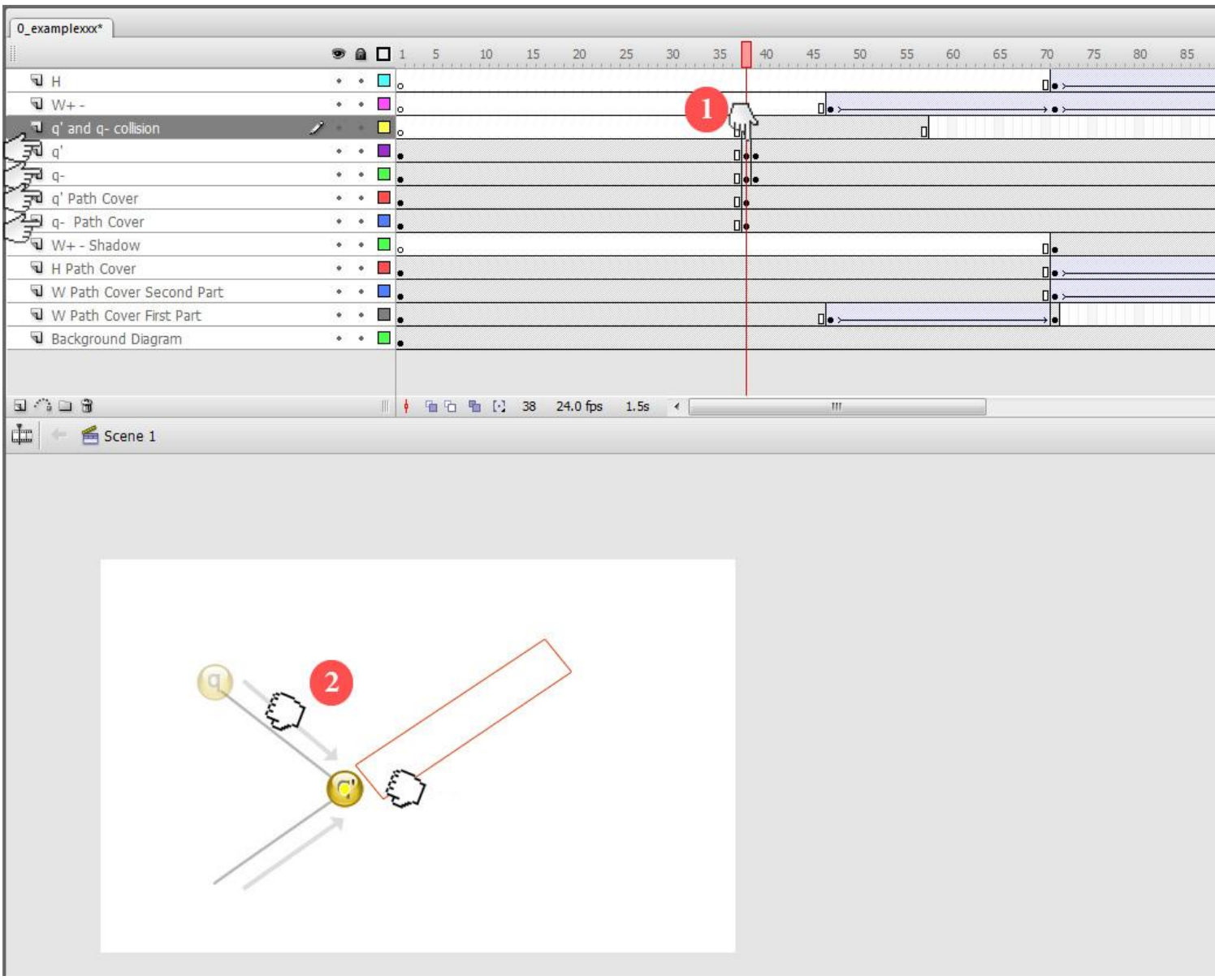
Στα επόμενα βήματα που ακολουθούν αρχίζουμε να τοποθετούμε τα εικονίδια απο τα σωματίδια με τη σειρά εμφάνισής τους. Τα εικονίδια είναι εικόνες τύπου .png τα οποία δημιουργήθηκαν στην εφαρμογή photoshop. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα πρώτα δύο σωματίδια που τοποθετούμε είναι τα δύο q όπως φαίνεται και στην εικόνα 7 που ακολουθεί και τα τοποθετούμε σε διαφορετικά layers το καθένα.
Τα εικονίδια τοποθετούνται στο πρώτο frame του animation.



Δ. Δημιουργία Κίνησης Αρχικών Σωματιδίων

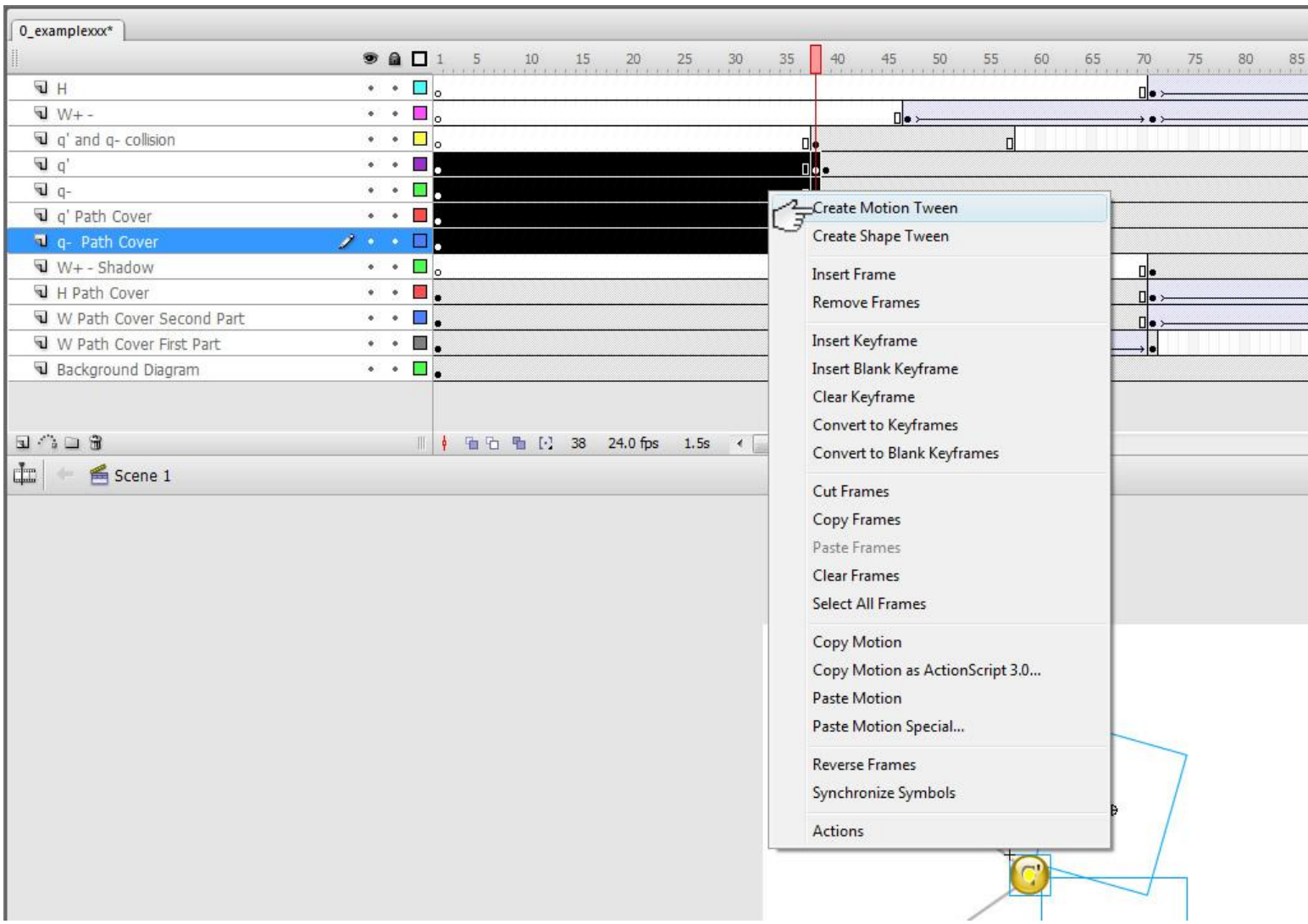
Από τη στιγμή που τοποθετήθηκαν τα πρώτα σωματίδια το επόμενο βήμα είναι να δημιουργήσουμε την κίνησή τους. Τη μετάβαση δηλαδή απο το σημείο εκκίνησης στο σημείο σύγκρουσης.

Σε πρώτη φάση θα πάμε στο 38 frame όπως φαίνεται και με τον κέρσορα στην ακόλουθη εικόνα και θα εισάγουμε ένα key frame για τα δύο q και τα αντίστοιχα κάλυπτρά τους. Αφού γίνει αυτό και ενώ βρισκόμαστε στο 38 key frame , όπως φαίνεται στο σημείο το οποίο είναι τονισμένο με το 2 στην ακόλουθη εικόνα, μεταφέρουμε τα εικονίδια και τα κάλυπτρα στην τελική τους θέση. Δηλαδή τα δύο q στο σημείο όπου συγκρούονται και τα δύο κάλυπτρα πλέον εκτός του χώρου ώστε να μην καλύπτουν τον χάρτη διαδρομών.



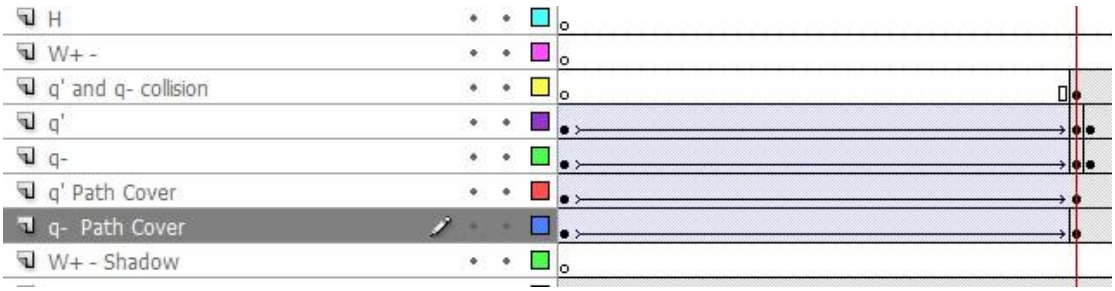
Εικόνα 8

Αυτό που μένει πλέον για να δημιουργήσουμε την κίνηση, όπως φαίνεται και στην εικόνα 9 είναι να επιλέξουμε με το ποντίκι μας τα 4 layers απο το frame 1 έως το frame 38 και στη συνέχεια κάνοντας δεξί κλίκ, απο το μενού που εμφανίζεται να επιλέξουμε το “Create Motion Tween”.



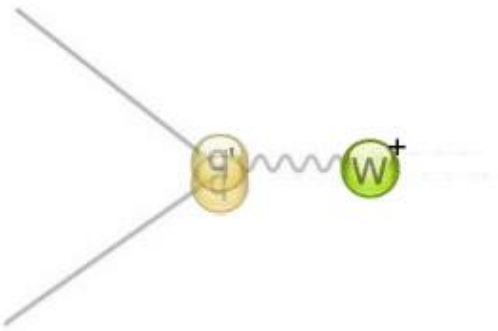
Εικόνα 9

Το αποτέλεσμα είναι να εμφανιστούν οι μπλέ διακεκομμένες γραμμές σε κάθε layer, οι οποίες υποδηλώνουν ότι πλέον υπάρχει κίνηση.



Ε. Δημιουργία Κίνησης ν Επόμενων σωματιδίων Σωματιδίων

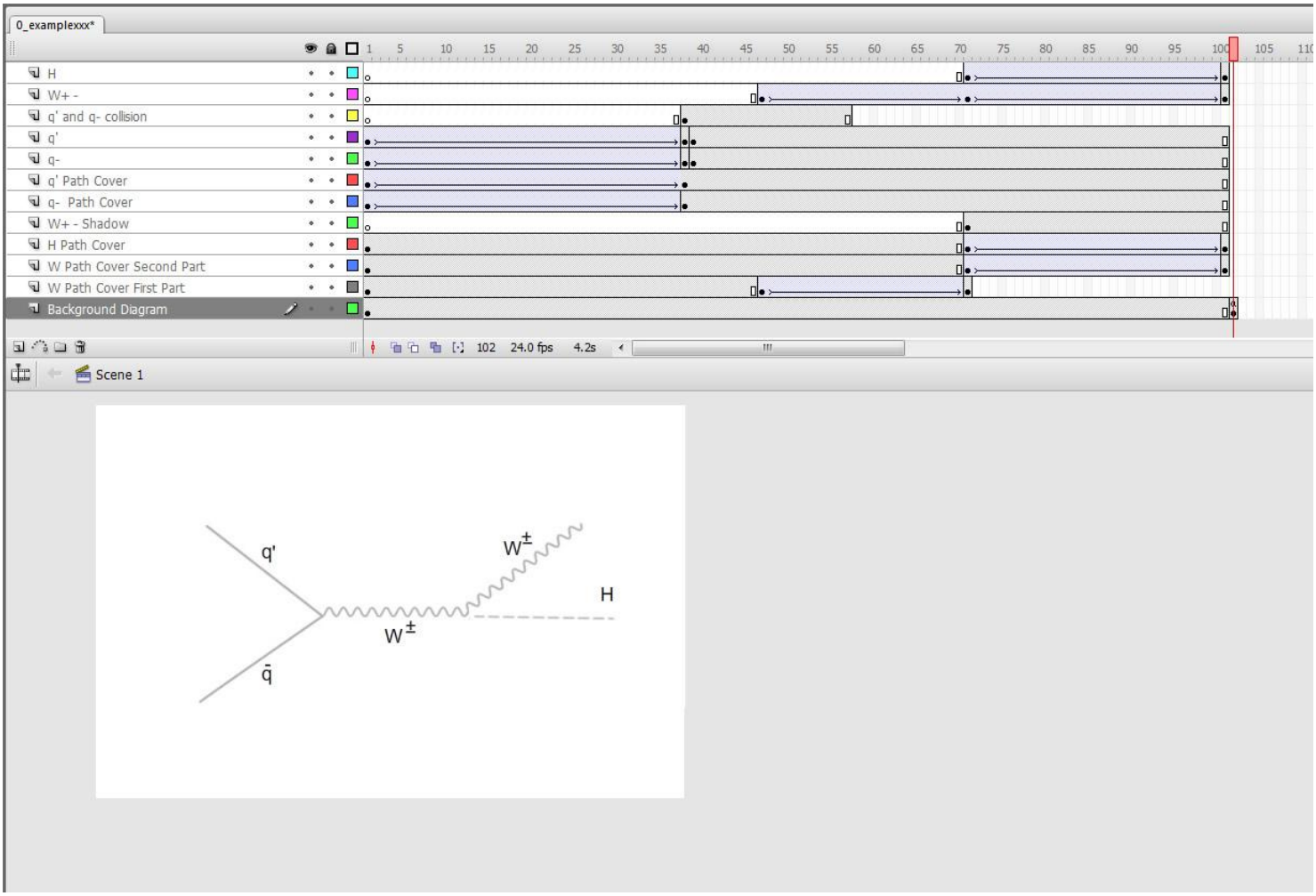
Για κάθε επόμενο κύκλο εμφάνισης σωματιδίων επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία απο το Γ έως και το Δ.
Πιο συγκεκριμένα, τοποθετούμε σε ένα νέο layer το νέο σωματίδιο, σε ένα επόμενο frame απο εκείνο όπου τελείωσε η προηγούμενη κίνηση, αφήνουμε κάποια frames απόσταση ώστε το σωματίδιο να έχει να διανύσει και στη συνέχεια δημιουργούμε ένα key frame όπου μεταφέρουμε το σωματίδιο στην τελική του θέση. Τέλος επιλέγουμε το αρχικό frame και το τελικό frame απο το σωματίδιο που επιθυμούμε και εισάγουμε «Animation Tween». Προαιρετικά στη λήξη της κίνησης ενός σωματιδίου μπορούμε να εισάγουμε το ίδιο το εικονίδιο σε ένα διαφορετικό layer με μεγαλύτερη διαφάνεια ώστε να φαίνεται σαν ίχνος του. Στη συγκεκριμένη περίπτωση και στο εικονίδιο W, η διαδρομή του διήρκεσε απο το frame 47 έως το 71. Η διάρκεια της κίνησης ενός σωματιδίου είναι κάτι σχετικό που επαφίεται στη κρίση του καθενός για να το ρυθμίσει. Οπότε μία κίνηση μπορεί να διαρκεί 20 frame έως ν.



Εικόνα 11

Ζ. Ολοκλήρωση Σεναρίου

Στην ολοκλήρωση του σεναρίου η οποία επι της ουσίας λαμβάνει χώρα στο τελευταίο frame φροντίζουμε όλα τα layers εκτός του πρώτου «Background Diagram» να είναι κενά. Με αυτό τον τρόπο με το που το σενάριο φτάσει στο τελευταίο frame φαίνεται ολοκληρωμένο πλέον το σχεδιάγραμμα (εικόνα 12)

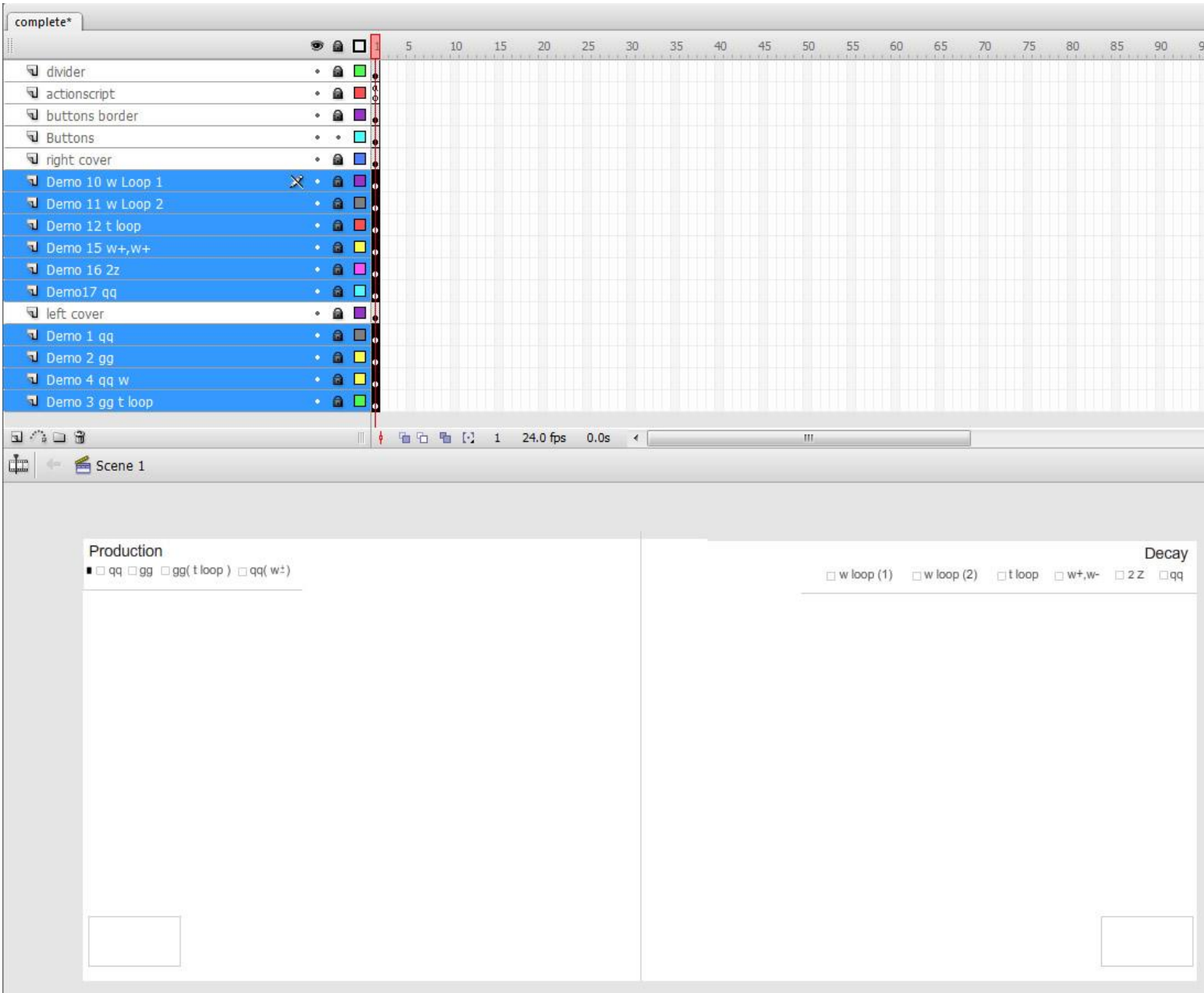

0_examplexxx*
H
W+ -
q' and q- collision
q'
q-
q' Path Cover
q- Path Cover
W+ - Shadow
H Path Cover
W Path Cover Second Part
W Path Cover First Part
Background Diagram
102
24.0 fps
4.2s
Scene 1
q'
q̄
W±
W±
H

Εικόνα 12

3.3 Ανάπτυξη Επιλογέα σεναρίων

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο Επιλογέας σε επεξεργάσιμη μορφή μέσα από το πρόγραμμα Adobe Flash. Στην στήλη με τα layers, τονισμένα με μπλε χρώμα είναι τα layers όπου το καθένα περιέχει το ένα σενάριο, είτε παραγωγής είτε διάσπασης, απο τα δέκα τα οποία δημιουργήθηκαν στην προηγούμενη φάση. Τα σενάρια (animations) έχουν εισαχθεί στον μετατροπέα σε μορφή swf.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα ο Επιλογέας δεν εξελίσσεται στο χρόνο (έχει δηλαδή μόνο ένα frame) και αυτό γιατί οι λειτουργίες του υλοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό μέσα απο actionscript. Επι της ουσίας, κάθε κουμπί επιλογής σεναρίου έχει συνδεδεμένο πάνω του ένα κομμάτι κώδικα. Όταν το κουμπί πατηθεί τότε ο κώδικας κρύβει τα σενάρια τα οποία δεν έχουν επιλεγεί και τα γυρνά στην αρχική τους κατάσταση ενώ εμφανίζει το σενάριο που έχει επιλεγεί..



Ο κώδικας action script που χρησιμοποιήθηκε για παράδειγμα για το κουμπί που ενεργοποιεί το πρώτο σενάριο qq είναι ο ακόλουθος.

```
on (release) {
        demo_1qq._x = 0;
        demo_2gg._x = 9999;
        demo_3ggtloop._x = 9999;
        demo_4ggwwx._x = 9999;
        left_cover._x = 9999;
        demo10.demo10in.gotoAndStop(1);
        demo11.demo11in.gotoAndStop(1);
        demo12.demo12in.gotoAndStop(1);
        demo15.demo15in.gotoAndStop(1);
        demo16.demo16in.gotoAndStop(1);
        demo17.demo17in.gotoAndStop(1);
}
```

Επι της ουσίας με το που απελευθερώνεται το κουμπί το ενεργό σενάριο έρχεται στη θέση 0 στον άξονα x, ενώ τα υπόλοιπα μετατοπίζονται στη θέση 9999 η οποία είναι εκτός του καμβά και συνεπώς αποκρύπτονται.

Η επιπλέον λειτουργία που εμφανίζει ο επιλογέας, η οποία δίνει τη δυνατότητα τα σενάρια της διάσπασης να ξεκινούν μετά τη λήξη ενός σεναρίου παραγωγής και συνεπώς έχουμε μία συνεχόμενη ροή επιτεύχθηκε με τη χρήση μίας παγκόσμιας μεταβλητής. Πιο συγκεκριμένα όταν πατηθεί το κουμπί ενός σεναρίου διάσπασης εκτός από τον αντίστοιχο παραπάνω κώδικα χρησιμοποιείται μία επιπλέον γραμμή η οποία για παράδειγμα είναι η ακόλουθη σε περίπτωση που επιλεγεί το σενάριο με κωδικό 11 ή αλλιώς το σενάριο διάσπασης w loop 2.

_global.videosecond = “11”;

Στη μεταβλητή videosecond αποθηκεύεται το δεύτερο σενάριο που πρόκειται να ενεργοποιηθεί μόλις τελειώσει το πρώτο.

Έτσι, όταν το πρώτο σενάριο φτάνει στο τέλος του ελέγχει την παγκόσμια μεταβλητή για να δει εάν υπάρχει κάποιο σενάριο διάσπασης που θα το διαδεχθεί και εφόσον υπάρχει τότε ενεργοποιεί το αντίστοιχο animation.

3.3 Μετατροπή προσομοιωτή σε HTML 5

Ο προσομοιωτής δημιουργήθηκε μέσα από τα προηγούμενα στάδια σε μορφή swf η οποία μπορεί να αναπαραχθεί αποκλειστικά απο adobe flash players. Η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν είναι προεγκατεστημένη σε όλα τα προγράμματα πλοήγησης (πχ Internet Explorer) και συμβατή με μεγάλο πλήθος φορητών συσκευών (tablets, κινητά).

Συνεπώς, προκειμένου να προσπεράσουμε θέματα συμβατότητας ο Προσομοιωτής μετατράπηκε απο swf σε HTML 5.

Για την μετατροπή χρησιμοποιήθηκε η online υπηρεσία της Google, Google Swiffy η οποία βρίσκεται στην ακόλουθη διεύθυνση
https://www.google.com/doubleclick/studio/swiffy/

4. Κατασκευη Ιστοσελίδας

Η λογική πίσω απο την κατασκευή της ιστοσελίδας ήταν να είναι συμβατή με όλες τις συσκευές ανεξαρτήτος μεγέθους οθόνης. Αυτό ώς προαπαιτούμενο μεταφράζεται ότι η ιστοσελίδα έχει διαφορετική ή καλύτερη προσαρμοσμένη εμφάνιση ανάλογα με την συσκευή στην οποία προβάλεται.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα άνωθεν, η ιστοσελίδα έχει διαφορετική εμφάνιση σε κάθε συσκευή. Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι σε αντίθεση με παλαιότερου τύπου ιστοσελίδες, στη συγκεκριμένη, οι εικόνες και οι στήλες που περιέχουν το κείμενο έχουν διαστάσεις όχι συγκεκριμένου πλάτους σε px αλλά σε ποσοστό επί της οθόνης.

Για παράδειγμα, η κεντρική εικόνα δεν έχει πλάτος 1024px ώστε σε μικρότερη οθόνη να βγαίνει εκτός του καμβά και αυτό να εμφανίζει τη οριζόντια μπάρα κύλισης. Αντιθέτως έχει πλάτος 90%. Με αυτό τον τρόπο καθώς μικραίνει η οθόνη μικραίνει και η εικόνα ή κάθε στοιχείο σε αναλογία.

Τέλος, με την δήλωση συνθηκών οριζόντιας διάστασης οθόνης δίνεται η δυνατότητα να τροποποιείται περεταίρω η συμπεριφορά των διάφορων στοιχείων της σελίδας με βάση την οθόνη. Πιο συγκεκριμένα εάν χρησιμοποιηθεί η παρακάτω συνθήκη στο css αρχείο της σελίδας

```
@media only screen and (max-width: 480px)  {
                #logo {width: 154px;}
}
```

Τότε λέει στο πρόγραμμα πλοήγησης με το οποίο την ανοίγουμε ότι, εάν η οθόνη έχει μικρότερο μέγεθος απο 480px (δηλαδή κινητό τηλέφωνο) τότε το λογότυπο να έχει διάσταση 154px. Με αυτό τον τρόπο στο κινητό η ιστοσελίδα αντί για δύο στήλες κειμένου έχει μία (ώστε να είναι ποιο ευανάγνωστο) και με το ίδιο τρόπο το μενού όταν πλέον πάμε σε tablet, αποκρύπτεται και πρέπει να πατηθεί το αντίστοιχο κουμπί για να εμφανιστεί.

Εν κατακλείδι την προσαρμοστικότητα της η ιστοσελίδα την οφείλει στο σύνολο των αρχείων css (τα οποία χρησιμοποιούν συνθήκες όπως αυτή που είδαμε προηγουμένως) και στη χρήση του αρχείου javascript με τίτλο modernizr το οποίο εισάγεται στο τέλος του πηγαίου κώδικα. Το συγκεκριμένο αρχείο δίνει τη δυνατότητα στα προγράμματα πλοήγησης να διαβάσουν τις συνθήκες οθόνης.

Δείγμα του πηγαίου κώδικα της σελίδας.

```
<!DOCTYPE html>

<html lang="el">
<head>
<title>Σωματίδιο Higgs</title>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0, maximum-scale=1.0, user-scalable=0">

<link href="css/reset.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
<link href="css/bootstrap.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
<link href="css/bootstrap-responsive.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
<link href="css/font-awesome.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
<link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />


</head>

<body id="home">

<div id="top"></div>

<div id="header">
<div class="responsive_nav white_lines">
        <div class="container">
                <div class="row">
                        <div class="span12">
                                <div class="mobileAreaMenu">
                                        <ul>
                                                <li><a href="index.html">αρχικη</a></li>
                                                <li><a href="higgs.html">Σωματιδιο Higgs</a></li>
            <li><a href="feynman.html">Διαγραμματα Feynman</a></li>
                                                <li><a href="demos.html">Πρακτικη
Εφαρμογη</a></li>
                                                <li><a
href="bibliography.html">Βιβλιογραφια</a></li>
                                        </ul>
```

```
                    </div><!--mobileAreaMenu-->
                    </div><!--span12-->
                </div><!--row-->
        </div>
</div><!--responsive_nav-->


        <div class="row-fluid">
                <div class="logo_container">
                        <a href="#top"><div id="logo"><img src="images/logo.png" alt=""></div></a>
                </div>
                <a href="#responsive_nav" class="menu_trigger"><i class="fa_icon icon-reorder icon-
2x"></i></a>

                <div class="main_nav">
                        <ul>
                                                <li><a href="index.html">αρχικη</a></li>
                                                <li><a href="higgs.html">Σωματιδιο Higgs</a></li>
            <li><a href="feynman.html">Διαγραμματα Feynman</a></li>
                                                <li><a href="demos.html">Πρακτικη
Εφαρμογη</a></li>
                                                <li><a
href="bibliography.html">Βιβλιογραφια</a></li>
                        </ul>
                </div>
                <div class="clear"></div>
        </div><!--row-fluid-->
</div><!--header-->



<!-- *** ABOUT US START *** -->
<div id="about_us" class="section">
        <div class="container">
                <div class="row">
                        <div class="span12">
                                <h1 class="page_title">ΤΙΤΛΟΣ ΣΕΛΙΔΑΣ</h1>
                                <h2 class="page_subtitle">ΥΠΟΤΙΤΛΟΣ ΣΕΛΙΔΑΣ</h2>
                                <div class="page_line"></div>

                        </div>

                        <div class="span12">
                                <div class="about_container">
                                        <div class="over_about">
                                                <div class="over_container">
                                                        <h1>ΤΙΤΛΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ
ΕΙΚΟΝΑΣ</h1>
                                                        <p>ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ</p>
                                                </div>
                                        </div>
                                        <img src="images/co-1.jpg" alt=""> ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ
                                </div>
                        </div>



                        <div class="span6">
        <h3>Τίτλος Πρώτης Στήλης</h3>
                                <p>Κείμενο Πρώτης Στήλης</p>
                        </div>

                        <div class="span6">
        <h3>Τίτλος Δεύτερης Στήλης</h3>
                                <p>Κείμενο Δεύτερης Στήλης</p>
                        </div>

                </div>
 </div>
```

```
</div><!--section-->


<!-- *** FOOTER START *** -->
<div id="footer">
	<div class="container">
		<div class="row">
			<div class="span3">
				<h3>Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο</h3>
				Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών & Φυσικών Επιστημών<br
/>ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΤΣΙΑΡΑΣ
				<div class="clear"></div>
				</div>
				<div class="span3">
				<h3>Πτυχιακή Εργασία</h3>
				<p>Σωματίδιο Higgs, Παραγωγή και Διάσπασή του σε Πολυμεσική
Εφαρμογή</p>
				</div>
				<div class="span3">

				</div>

				</div><div class="clear"></div></a>

		</div>
	</div>
</div>
<!-- *** FOOTER END *** -->

<script src="http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.7.2/jquery.min.js" type="text/javascript" ></script>
<script type="text/javascript" src="js/modernizr.custom.js"></script>


</body>
</html>
```

5 Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 1:

http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/articles

Κεφάλαιο 2:

http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/articles
http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/software