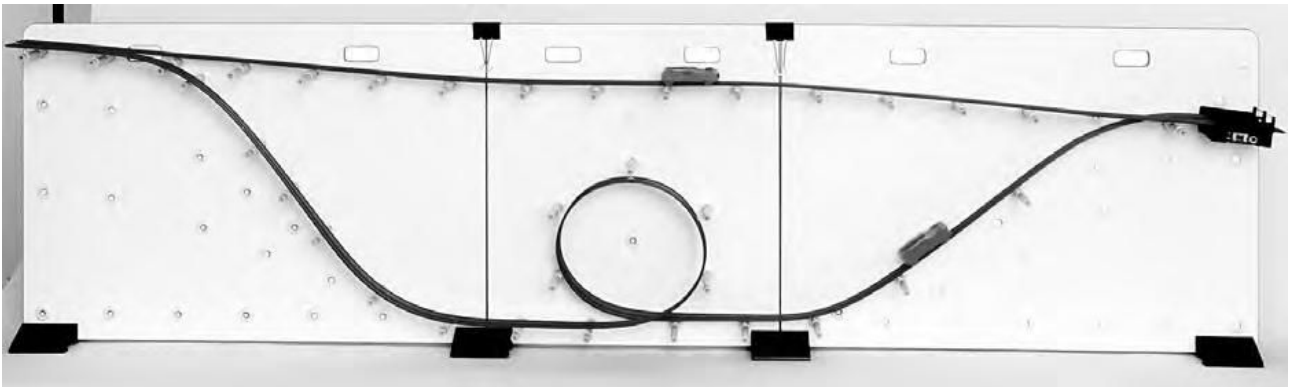


Roller Coaster

Μοντέλο Αρ. ME-9812



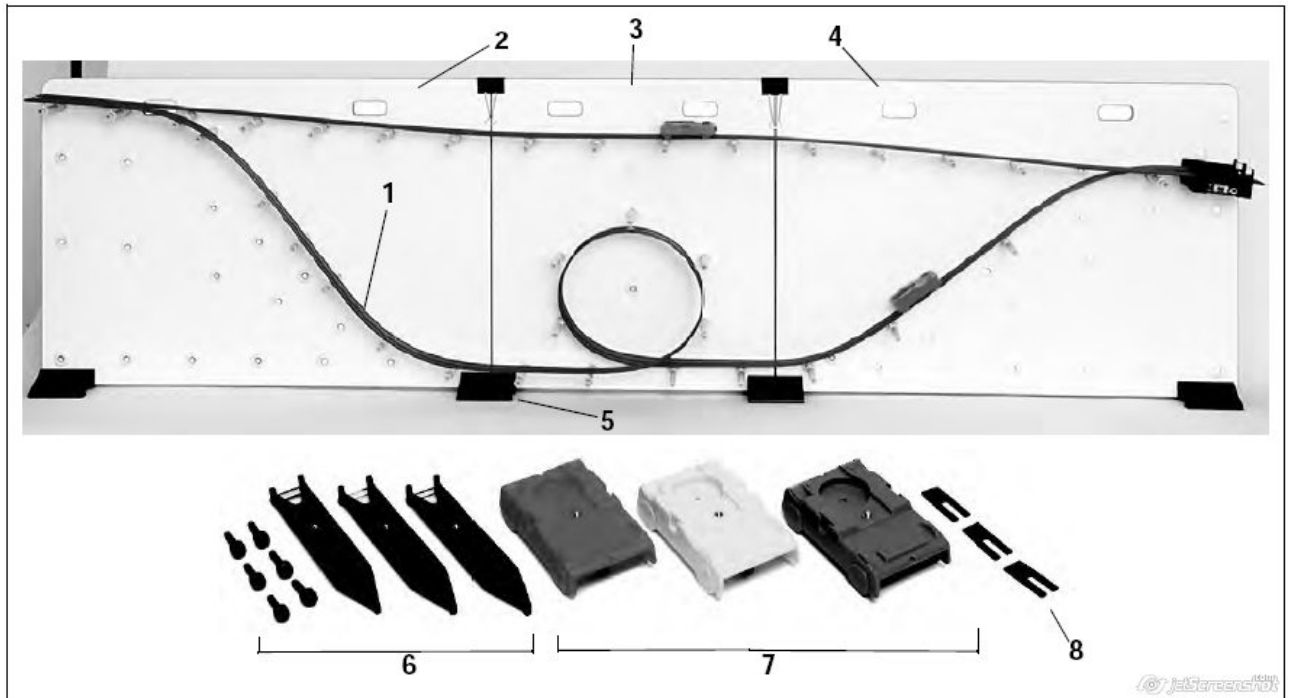
Περιεχόμενα

1	Κατάλογος εξοπλισμού	3
2	Εισαγωγή	5
3	Συναρμολόγηση τροχιάς	5
3.1	Εγκαθιστώντας τα βύσματα των οπών (μόνιμη εγκατάσταση)	5
3.2	Χρησιμοποιώντας τις βάσεις στήριξης με τις πινακίδες στήριξης	6
3.3	Εφαρμόζοντας την τροχιά στις πινακίδες στήριξης	6
3.4	Εφαρμόζοντας φωτοπύλες στην τροχιά	7
3.5	Εφαρμόζοντας το συλλέκτη στην τροχιά	7
3.6	Χρησιμοποιώντας την τροχιά χωρίς πινακίδα στήριξης	8
4	Επιλογές συναρμολόγησης των αμαξιδίων	9
4.1	Ετικέτες τροχών	9
4.2	Προφυλακτήρας (ελαστικός και ανελαστικός)	9
4.3	Σημιαίκι φωτοπύλης για χρονομέτρηση και μελέτη επιτάχυνσης	10
4.4	Προσθέτοντας φορτία μάζας και επιπρόσθετα βαρίδια	10
4.5	Συνδέοντας τα τρία αμαξίδια	11
4.6	Στοιβάζοντας δύο αμαξίδια	11
4.7	Θέση του κέντρου μάζας του αμαξιδίου	11
5	Προτεινόμενα πειράματα (με διατάξεις τροχιάς)	11
5.1	Βρόχος (ένα αμαξίδιο)	11
5.2	Ποτήρι με νερό στο βρόχο	12
5.3	Τρενάκι τριών αμαξιδίων	12
5.4	Κρούση μεταξύ δύο αμαξιδίων στο κάτω μέρος του βρόχου	13
5.5	Διατήρηση ενέργειας (λόφοι)	13
5.6	Διατήρηση ενέργειας (βαθμίδες)	14
5.7	Τροχιά ελάχιστου χρόνου vs ευθείας τροχιάς	14
5.8	Τροχιά ελάχιστου χρόνου vs τροχιάς ελάχιστου χρόνου για διαφορετικές αρχικές θέσεις	15
5.9	Επιτάχυνση σε τροχιές με διαφορετική κλίση	15
5.10	Κρούσεις σε οριζόντια τροχιά	15
5.11	Επιτάχυνση αμαξιδίου μέσω νήματος από σώμα σε τροχαλία	16
5.12	Οριζόντια βολή αμαξιδίου από το άκρο της τροχιάς (3 διαφορετικά επίπεδα)	16
5.13	Οριζόντια βολή αμαξιδίου από το άκρο της τροχιάς μετά από κρούση με αμαξίδιο στο άκρο της τροχιάς	16
5.14	Ταλαντώσεις σε πηγάδι	17
5.15	Διατήρηση της στροφορμής	18
5.16	Θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση	18
5.17	Κυκλική τροχιά	19
5.18	Πάνω διαδρομή και κάτω διαδρομή	19
6	ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ	20

Roller Coaster¹

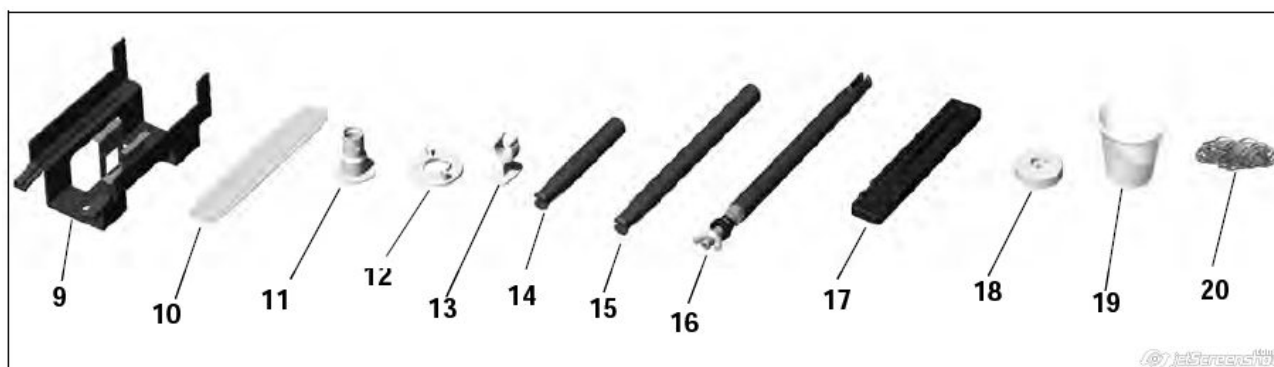
Μοντέλο Αρ. ME-9812²

1 Κατάλογος εξοπλισμού



Περιεχόμενος εξοπλισμός	Αριθμός ανταλλακτικού
1. Τροχιά αμαξιδίων (1 ρολό), 9,1 μέτρα, 5,1 cm πλάτος	648-07711
2. Πινακίδα στήριξης (αριστερή), λευκή(1), 85,9 cm × 60,4 cm	648-07835
3. Πινακίδα στήριξης (κεντρική), λευκή(1), 52,8 cm × 60,4 cm	648-07836
4. Πινακίδα στήριξης (δεξιά), λευκή(1), 85,9 cm × 60,4 cm	648-07837
5. Βάσεις στήριξης (4)	648-07838
6. Εξάρτημα κρούσεων (3) με βίδες 6-32 (3)	003-08112
7. Αμαξίδια ³ (3): 1 κόκκινο, 1 πράσινο και 1 κίτρινο. Μάζα = 0,18 kg το καθένα	ME-9813
8. Σημαιοκίβια για τα αμαξίδια (3)	648-07789

(Ο κατάλογος εξοπλισμού συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα)



Περιεχόμενος εξοπλισμός	Αριθμός ανταλλακτικού
9. Συλλέκτες (2)	003-08114
10. Σύνδεσμοι τροχιών	648-08023
11. Βύσματα (70)	648-07810
12. Παξιμάδια βυσμάτων (70)	648-07811
13. Συνδετήρες τροχιάς με ράβδους στήριξης (50)	648-07714
14. Ράβδοι στήριξης κοντές, μήκους 7,4 cm (3)	648-07807
15. Ράβδοι στήριξης μακριές, μήκους 16,2 cm (40)	648-07806
16. Ράβδοι στήριξης φωτοπυλών, μήκους 18,9 cm (4)	003-08022
17. Στηρίγματα φωτοπυλών (4)	648-04984
18. Φορτία μάζας για τα αμαξίδια (3), μάζας 0,04 kg το καθένα	648-07951
19. Ποτηράκια (3)	699-125
20. Λαστιχάκια (1 πακέτο με 2 διαφορετικά μήκη)	726-043 και 726-0444

Επιπρόσθετος εξοπλισμός (για τα πειράματα) ⁴	Αριθμός ανταλλακτικού
21. Κεφαλή φωτοπύλης	ME-9498A
22. Χρονομετρητής	ME-8930
23. Συλλέκτης βλήματος μικρός ή κανονικός	ME-6814 ή ME-6815
24. Περιστρεφόμενη πλατφόρμα	ME-8951
25. Σύστημα φωτοπύλης τροχαλίας	ME-6838
26. Τροχαλία με σφιγκτήρα	ME-9448A
27. Υπολογιστής	Μη διαθέσιμο
28. Λογισμικό DataStudio (έκδοση 1.6 ή νεώτερη)	Διάφορα (βλ. κατάλογο PASCO)
29. Σετ διασύνδεσης (ScienceWorkshop, USB links με ή χωρίς PASPORT Xplorers)	CI-6450 ή PS-2100 ή PS-2000

2 Εισαγωγή

Το σετ της PASCO Roller Coaster ME-9812 έχει βρόχους και λόφους για τη μελέτη της διατήρησης της ενέργειας και της κεντρομόλου επιτάχυνσης, έχει ευθεία τροχιά για τις κρούσεις και τροχιά για επίδειξη της διαδρομής ελάχιστου χρόνου.

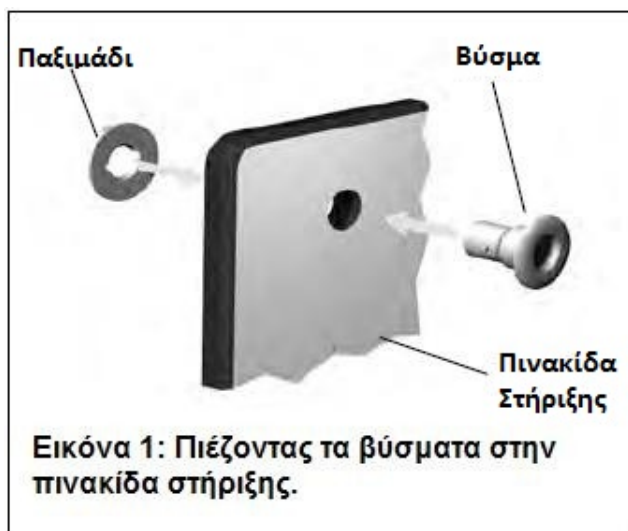
3 Συναρμολόγηση τροχιάς

3.1 Εγκαθιστώντας τα βύσματα των οπών (μόνιμη εγκατάσταση)

Για να ετοιμασθεί το ME-9812 Roller Coaster για την πρώτη χρήση τα βύσματα των οπών θα πρέπει να εφαρμοσθούν στις οπές. Αυτή είναι μόνιμη εγκατάσταση, αφού τα βύσματα είναι μόνιμο τμήμα των πινακίδων στήριξης.

α) Για να εγκαταστήσετε τα βύσματα πιέστε το πλαστικό βύσμα σε μια από τις 70 τρύπες στις τρεις πινακίδες. Τα βύσματα θα πρέπει να εισαχθούν από τη λευκή πλευρά της πινακίδας (βλέπε Εικόνα 1).

Σημείωση: Υπάρχει μια εγκοπή στο εσωτερικό των βυσμάτων που επιτρέπει στις ράβδους στήριξης των φωτοπυλών να κλειδωθούν μέσα στο βύσμα αποτρέποντας την περιστροφή τους.



Ο προσανατολισμός κάθε βύσματος με την εγκοπή στο κάτω μέρος διευκολύνει τον εντοπισμό της εγκοπής όταν θα χρησιμοποιηθεί η ράβδος στήριξης της φωτοπύλης.

β) Στην πίσω πλευρά των πινακίδων να ασφαλίσετε κάθε βύσμα με ένα παξιμάδι περιστρέφοντας το παξιμάδι πάνω στο βύσμα (βλέπε Εικόνα 2). Τοποθετήστε τις παρεχόμενες ετικέτες των πινακίδων σε κάθε πινακίδα για να ταυτοποιήσετε την αριστερή, την κεντρική και τη δεξιά πινακίδα. Αυτό ολοκληρώνει τη συναρμολόγηση των πινακίδων.



3.2 Χρησιμοποιώντας τις βάσεις στήριξης με τις πινακίδες στήριξης

Πολλές διαφορετικές διατάξεις της τροχιάς μπορούν να κατασκευαστούν (βλέπε σελίδες 11 - 19) για παραδείγματα). Μερικές διατάξεις χρησιμοποιούν δύο πινακίδες στήριξης και άλλες τρεις πινακίδες. Οι πινακίδες στήριξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικούς προσανατολισμούς, περιστρεφόμενες κατά 90 προς το συνήθη προσανατολισμό τους. Οι πινακίδες συγκρατούνται στην κατακόρυφη θέση όταν τοποθετηθούν δίπλα - δίπλα στην εισδοχή των μαύρων βάσεων στήριξης. Όταν χρησιμοποιούνται και οι τρεις πινακίδες στήριξης χρειάζονται τέσσερις βάσεις στήριξης: μια στο αριστερό άκρο της αριστερής πινακίδας στήριξης, μια στο δεξί άκρο της δεξιάς πινακίδας, μια για τη σύνδεση της αριστερής πινακίδας με την κεντρική και μια για τη σύνδεση της δεξιάς πινακίδας με την κεντρική. Οι πινακίδες στήριξης δεν συνδέονται μεταξύ τους με άλλο τρόπο. Αν χρησιμοποιηθούν μόνο δύο πινακίδες στήριξης τότε χρειάζονται μόνο τρεις βάσεις στήριξης. Αν χρειαστεί, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγάλος συνδετήρας για τη σύνδεση των πινακίδων στο πάνω μέρος τους.

3.3 Εφαρμόζοντας την τροχιά στις πινακίδες στήριξης

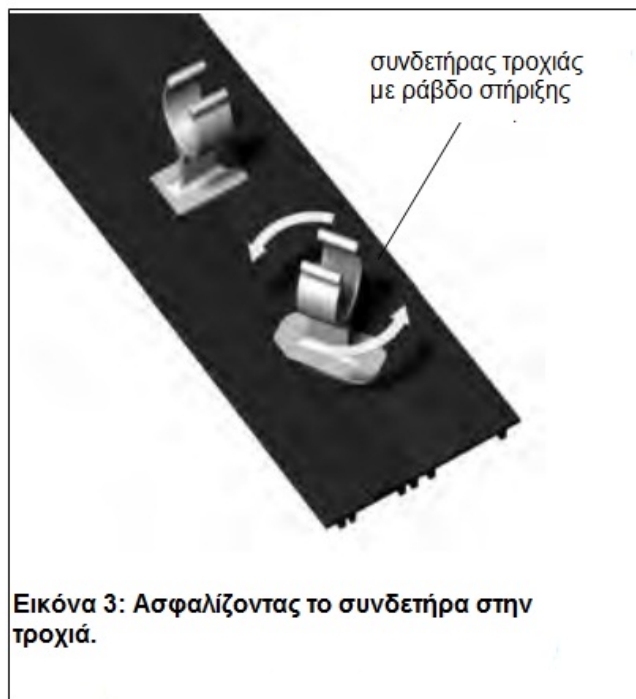
Η τροχιά μήκους $9,1\text{ m}$ παρέχεται σε πηνίο.⁵ Πριν την πρώτη χρήση μπορεί να χρειαστεί να απλώσετε την τροχιά σε επίπεδη επιφάνεια για μερικά λεπτά για να αφαιρεθεί οποιαδήποτε προϋπάρχουσα μορφή της τροχιάς. Συστήνεται να κοπεί η τροχιά σε τμήματα: μήκος 4 m απαιτείται για τη διαδρομή με το βρόχο. Αν το μήκος της τροχιάς υπερβαίνει το απαιτούμενο μήκος για τη συγκεκριμένη διάταξη αφήστε το επιπλέον τμήμα της τροχιάς να εξέχει στο ένα άκρο.

α) Επιλέξτε τη διάταξη της τροχιάς που σας ενδιαφέρει και σπρώξτε μια ράβδο στήριξης σε κάθε μια από τις τρύπες. Οι ράβδοι θα ασφαλισουν στη θέση τους. Οι ράβδοι μπορούν να αφαιρεθούν τραβώντας τις σταθερά με το χέρι.

β) Ξεκινήστε να συνδέετε την τροχιά στην πινακίδα από το ένα άκρο. Για να προσαρμόσετε την τροχιά σε μια ράβδο στήριξης τοποθετήστε ένα συνδετήρα τροχιάς στην εισδοχή στο κάτω μέρος της τροχιάς στην περιοχή που είναι η ράβδος στήριξης. Οι συνδετήρες τροχιάς θα πρέπει να περιστραφούν μέσα στην εισδοχή έτσι που τα άκρα της εισδοχής να συγκρατούν το συνδετήρα (βλέπε Εικόνα 3). Μετακινήστε το συνδετήρα μέσα στην εισδοχή για να τον ευθυγραμμίσετε με τη ράβδο στήριξης.

γ) Ασφαλίστε το συνδετήρα πάνω στη ράβδο στήριξης.

Παρέχονται ράβδοι με δύο διαφορετικά μήκη. Οι μακριές ράβδοι χρειάζονται για την τοποθέτηση δύο τροχιών δίπλα - δίπλα. Οι κοντές ράβδοι χρειάζονται περιστασιακά για την αποφυγή της σύγκρουσης της ράβδου με τα αμαξίδια στη δεύτερη τροχιά.



Εικόνα 3: Ασφαλίζοντας το συνδετήρα στην τροχιά.

Οι διατάξεις της τροχιάς παρουσιάζονται στο κεφάλαιο με τις προτεινόμενες δραστηριότητες. Αν χρειαστεί, μικρά κομμάτια τροχιάς μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους με το σύνδεσμο τροχιών, που είναι μια μεταλλική λωρίδα, η οποία εισχωρεί στην εισδοχή στο κάτω μέρος της τροχιάς. Εισάγεται η μισή λωρίδα στο κάθε κομμάτι της τροχιάς για να τα συγκρατεί ενωμένα.

3.4 Εφαρμόζοντας φωτοπύλες στην τροχιά

Υπάρχουν ειδικές ράβδοι στήριξης με σπείρωμα στο ένα άκρο που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή των φωτοπυλών.

α) Στο σημείο της τροχιάς στο οποίο χρειάζεται να τοποθετηθεί η φωτοπύλη να αντικαταστήσετε τη ράβδο στήριξης με την ειδική ράβδο στήριξης φωτοπύλης. Θα πρέπει να βεβαιωθείται ότι η προεξοχή στη ράβδο στήριξης φωτοπυλών έχει ευθυγραμμιστεί με την εγκοπή στο βύσμα στην πινακίδα στήριξης.

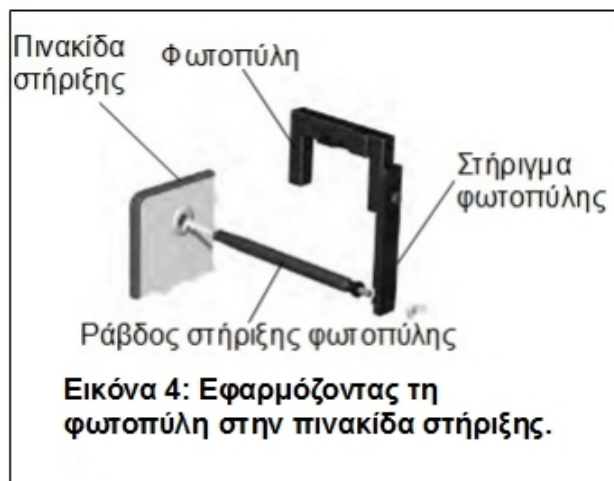
β) Να εφαρμόσετε την κεφαλή της φωτοπύλης στο στήριγμα φωτοπυλών.

γ) Να αφαιρέσετε το παξιμάδι από το σπείρωμα της ράβδου στήριξης και να εισαγάγετε το στήριγμα φωτοπυλών στη ράβδο στήριξης (βλέπε εικόνα 4).

δ) Χρησιμοποιώντας το παξιμάδι στη ράβδο στήριξης μπορείτε να αλλάξετε την απόσταση της φωτοπύλης από τις πινακίδες στήριξης.

ε) Να ασφαλίσετε τη φωτοπύλη στη θέση της χρησιμοποιώντας το παξιμάδι που είχατε αφαιρέσει από τη ράβδο στήριξης.

Η θέση της τροχιάς μπορεί να ρυθμιστεί για να είναι πιο κοντά ή πιο μακριά από την πινακίδα στήριξης για να διασφαλιστεί ότι το σημαϊάκι του αμαξιδίου θα διέρχεται από τη φωτοπύλη χωρίς πρόβλημα.



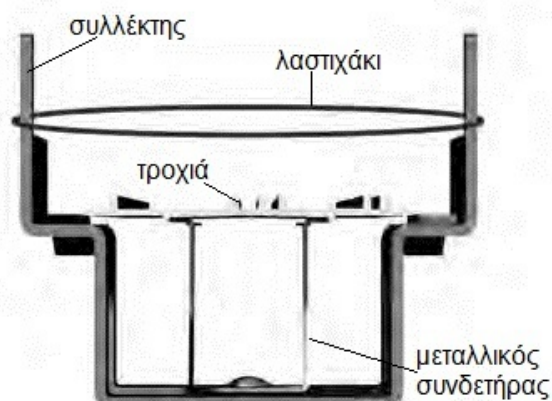
3.5 Εφαρμόζοντας το συλλέκτη στην τροχιά

Ο συλλέκτης έχει πολλαπλές χρήσεις:

- Μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε στην τροχιά για να συλλέξει το αμαξίδιο, εμποδίζοντας το να κυλήσει πίσω προς τα κάτω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ελαστικός προφυλακτήρας, κτυπώντας στον οποίο το αμαξίδιο αναπηδά πίσω στην τροχιά.
- Χρησιμοποιείται σαν χώρος προσαρμογής της τροχαλίας με σφιγκτήρα (ME-9448A) για την πρόσδεση νήματος σε σταθμά μέσω της τροχαλίας.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με το βοήθημα Projectile Mini-Catcher (ME-6814) ή με το βοήθημα Projectile Catcher Accessory (ME-6815) για το σχηματισμό βαλλιστικού εκκρεμούς. Το αμαξίδιο εξέρχεται από την άκρη της τροχιάς μέσα στο συλλέκτη, ο οποίος ταλαντώνεται σαν εκκρεμές.

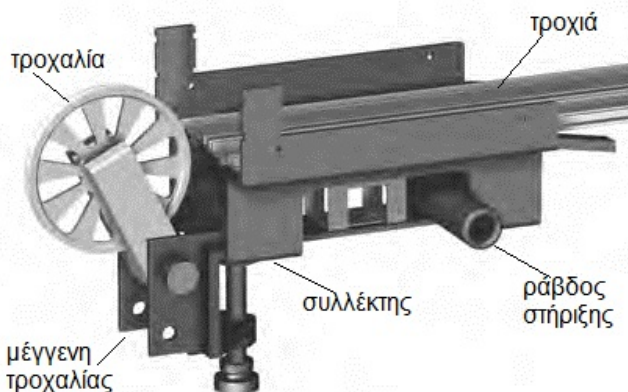
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συλλέκτης στην περιστρεφόμενη πλατφόρμα (ME-8951) για την εκτέλεση πειράματος στην αρχή διατήρησης της στροφορμής: το αμαξίδιο εξέρχεται από την άκρη της τροχιάς μέσα στο συλλέκτη και η πλατφόρμα περιστρέφεται.

α) Για την τοποθέτηση του συλλέκτη στην τροχιά πιέστε τα ελάσματα του μεταλλικού συνδετήρα στο συλλέκτη, εισαγάγετε τα ελάσματα στην έγκοπή στο κάτω μέρος της τροχιάς και ελευθερώστε τα ελάσματα (βλέπε Εικόνα 5). Για τη δημιουργία ελαστικού προφυλακτήρα τεντώστε ένα λαστιχάκι στα στηρίγματα που εξέχουν από το ένα άκρο του συλλέκτη. Αν θέλετε ο συλλέκτης να κρατήσει το αυτοκινητάκι, προσανατολίστε το συλλέκτη έτσι που το αυτοκινητάκι να εισέρχεται στο συλλέκτη από το άκρο που είναι απέναντι από το άκρο με το λαστιχάκι. Αν θέλετε το αυτοκινητάκι να αναπηδήσει προς τα πίσω, προσανατολίστε το συλλέκτη έτσι που το αυτοκινητάκι να κτυπήσει στον ελαστικό προφυλακτήρα.



Εικόνα 5: Προσαρμόζοντας το συλλέκτη στην τροχιά (πλαϊνή όψη).

β) Ο συλλέκτης μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε στην τροχιά. Μπορεί να τοποθετηθεί μεταξύ των ράβδων στήριξης ή μπορεί η ράβδος στήριξης να περάσει μέσα από την κεντρική τρύπα του συλλέκτη σε οποιαδήποτε πλευρά του μεταλλικού συνδετήρα. Όταν χρησιμοποιείται τροχαλία με σφιγκτήρα, η εισαγωγή της ράβδου στήριξης διαμέσου του συλλέκτη δεν πρέπει να εμποδίζει την τροχαλία (βλέπε Εικόνα 6). Η τροχαλία προσαρμόζεται στο κατώτερο σημείο του συλλέκτη.



Εικόνα 6: Συνδέοντας την τροχαλία στο συλλέκτη.

Σημείωση: Η προσαρμογή τροχαλιών κατευθείαν πάνω στην τροχιά δεν συστήνεται επειδή η τροχιά θα παραμορφωθεί.

3.6 Χρησιμοποιώντας την τροχιά χωρίς πινακίδα στήριξης

Η τροχιά μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς τις πινακίδες στήριξης. Μπορεί να απλωθεί επίπεδη στο τραπέζι ή στο πάτωμα ή να κολληθεί σε πινακίδα με ταινία διπλής όψης. Τα αυτοκινητάκια θα κινούνται κανονικά στην τροχιά ακόμα και όταν αυτή είναι απλωμένη επίπεδη σε τραπέζι. Όμως, εξαιτίας των προστατευτικών των τροχών, τα αυτοκινητάκια δεν θα κυλήσουν σε μια επίπεδη επιφάνεια χωρίς την τροχιά.

Για τη δημιουργία λόφων τοποθετήστε την τροχιά πάνω από μια στοίβα βιβλίων.

Η τροχιά μπορεί να τοποθετηθεί σε διάταξη δικής σας επιλογής με τη χρήση ορθοστατών με ράβδους διαμέτρου 13 mm, πάνω στις οποίες η τροχιά μπορεί να αγκιστρωθεί.

4 Επιλογές συναρμολόγησης των αμαξιδίων

4.1 Ετικέτες τροχών

Παρέχονται ετικέτες με την εικόνα τροχού για να κολληθούν στους επίπεδους κύκλους στα αυτοκινητάκια.

4.2 Προφυλακτήρας (ελαστικός και ανελαστικός)

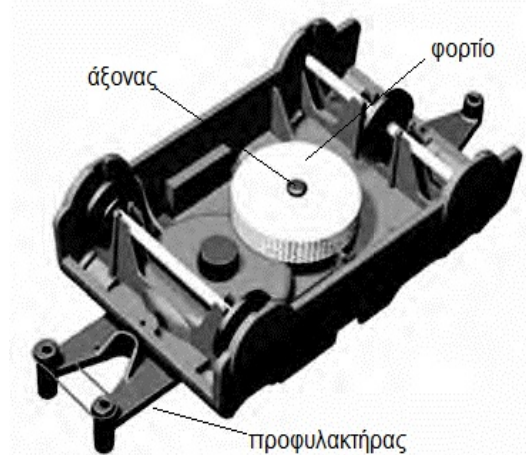
Ο προφυλακτήρας μπορεί να στερεωθεί στο αυτοκινητάκι με μια βίδα που βιδώνεται στην τρύπα που έχει το αυτοκινητάκι στο κέντρο του (βλέπε Εικόνες 7α και 7β).

α) Προσανατολίστε τον προφυλακτήρα έτσι ώστε η κυκλική προεξοχή σε αυτόν να είναι προς τα πάνω και να είναι ευθυγραμμισμένος με την κυκλική θήκη του φορτίου στο αυτοκινητάκι.

β) Για να φτιάξετε ένα ελαστικό προφυλακτήρα παρέχονται μαζί με τον προφυλακτήρα μικρά λαστιχάκια. Τεντώστε ένα λαστιχάκι κατά μήκος της βάσης των δύο προεξοχών στον προφυλακτήρα. Για κρούσεις με μεγάλες ταχύτητες βάλτε το λαστιχάκι διπλό για να γίνει πιο σκληρό.



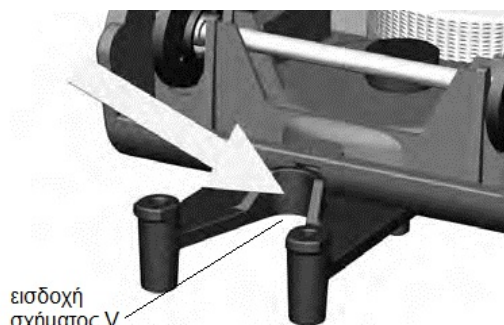
Εικόνα 7α: Η πάνω όψη του αμαξιδίου με τον ελαστικό προφυλακτήρα.



Εικόνα 7β: Η κάτω όψη του αμαξιδίου με τον ελαστικό προφυλακτήρα.

Για πλαστικές κρούσεις αφαιρέστε το λαστιχάκι και βάλτε μικρή ποσότητα κόλλας στην εσοχή σχήματος V στον προφυλακτήρα. (Βλέπε Εικόνα 8).

γ) Τα φορτία μπορούν να τοποθετηθούν στο αυτοκινητάκι με τον προφυλακτήρα προσαρμοσμένο εισάγοντας τη βίδα από το κάτω μέρος του αυτοκινήτου και μέσα από την τρύπα στον προφυλακτήρα. Τα φορτία προσαρμόζονται στη βίδα που προεξέχει για να αποφεύγεται η ολίσθησή τους από το αυτοκινητάκι. Οι προφυλακτήρες χρησιμοποιούνται, επίσης, για τη σύνδεση δύο ή τριών αμαξιδίων για δημιουργία τρένου. Για να γίνει αυτό τοπο-

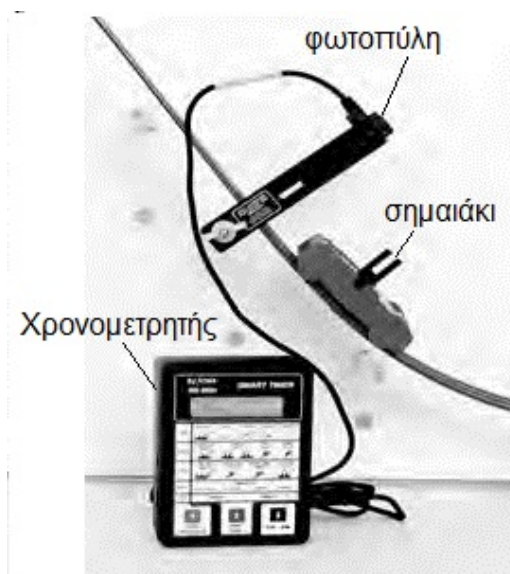


Εικόνα 8: Η εισδοχή σχήματος V στον προφυλακτήρα.

Θετήστε λαστιχάκια πάνω στους προφυλακτήρες για να φτιάξετε ελαστικούς προφυλακτήρες. Στη συνέχεια τοποθετήστε το μπροστινό μέρος του προφυλακτήρα πάνω από το λαστιχάκι του προφυλακτήρα στο αυτοκινητάκι που είναι πιο μπροστά, αφήνοντας το να εφαρμόσει χαλαρά στην εσοχή V του προπορευόμενου αυτοκινήτου (βλέπε Εικόνα 11).

4.3 Σημιαίκι φωτοπύλης για χρονομέτρηση και μελέτη επιτάχυνσης

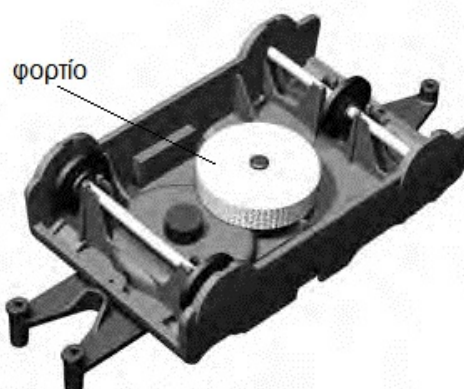
Το σημιαίκι για τη φωτοπύλη προσαρμόζεται σε εσοχή είτε στην αριστερή είτε στη δεξιά πλευρά του αμαξιδίου. Το σημιαίκι έχει δύο προεξοχές για να επιτρέπει τη χρονομέτρηση μεταξύ του πρώτου μπλοκαρίσματος της ακτίνας της φωτοπύλης και του επόμενου μπλοκαρίσματος. Όταν χρησιμοποιείτε τη φωτοπύλη, συνδέστε το βύσμα της φωτοπύλης σε ένα χρονομετρητή (Smart Timer ME-8930)⁶ Προσαρμόστε κατακόρυφα τη φωτοπύλη έτσι που η ανοικτή πλευρά της φωτοπύλης να ευθυγραμμίζεται με το κάτω μέρος της εσοχής στο σημιαίκι (βλέπε Εικόνα 9). Όταν το αυτοκινητάκι περάσει από τη δέσμη φωτός της φωτοπύλης, η φωτοπύλη μετρά το χρόνο από το μπροστινό μέρος της πρώτης προεξοχής στο σημιαίκι μέχρι το μπροστινό μέρος της δεύτερης προεξοχής.



Εικόνα 9: Αμαξίδιο με σημιαίκι κινούμενο μέσα από φωτοπύλη.

4.4 Προσθέτοντας φορτία μάζας και επιπρόσθετα βαρίδια

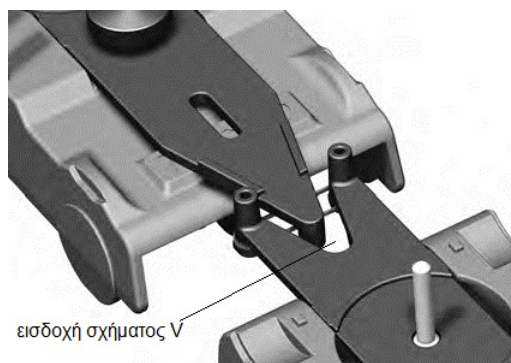
Τα φορτία μάζας προσαρμόζονται κάτω από το αυτοκινητάκι (Εικόνα 10) και στερεώνεται με μια βίδα M5 (η οποία παρέχεται στο σετ). Επιπρόσθετα βαρίδια μπορούν να τοποθετηθούν στο πάνω μέρος του αμαξιδίου, στην κυλινδρική εσοχή. Αν ο προφυλακτήρας είναι τοποθετημένος στο αυτοκινητάκι τα επιπρόσθετα βαρίδια μπορούν να τοποθετηθούν εισάγοντας μια βίδα 6-32 από το κάτω μέρος και μέσα από την τρύπα στον προφυλακτήρα. Τα φορτία προσαρμόζονται στη βίδα που προεξέχει για να αποφεύγεται η ολίσθησή τους από το αυτοκινητάκι. Εναλλακτικά, τα βαρίδια μπορούν να στερεωθούν στον προφυλακτήρα τοποθετώντας τη βίδα από πάνω.



Εικόνα 10: Το φορτίο στο κάτω μέρος του αμαξιδίου.

4.5 Συνδέοντας τα τρία αμαξίδια

Οι προφυλακτήρες χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δύο ή τριών αμαξιδίων για τη δημιουργία τρένου. Για τη σύνδεση των αμαξιδίων αρχικά εφαρμόστε τα λαστιχάκια στους προφυλακτήρες. Στη συνέχεια τοποθετήστε το μπροστινό μέρος του προφυλακτήρα πάνω από το λαστιχάκι του προφυλακτήρα στο αυτοκινητάκι που είναι πιο μπροστά, αφήνοντας το να εφαρμόσει χαλαρά στην εσοχή V του προπορευόμενου αυτοκινήτου (βλέπε Εικόνα 11).



Εικόνα 11: Δύο αμαξίδια συνδεδεμένα μεταξύ τους.

4.6 Στοιβάζοντας δύο αμαξίδια

Ένα αυτοκινητάκι εφαρμόζει πάνω σε άλλο για να διπλασιαστεί η μάζα και για τη φύλαξη τους.

4.7 Θέση του κέντρου μάζας του αμαξιδίου

Το κέντρο μάζας του αμαξιδίου (χωρίς επιπρόσθετο φορτίο μαζών) βρίσκεται, περίπου, από την πλαϊνή πλευρά, στο μέσο της εσοχής για το σημαϊάκι της φωτοπύλης. Η ακριβής θέση του κέντρου μάζας μπορεί να προσδιοριστεί ισορροπώντας το αυτοκινητάκι στην κόψη ενός μαχαιριού.

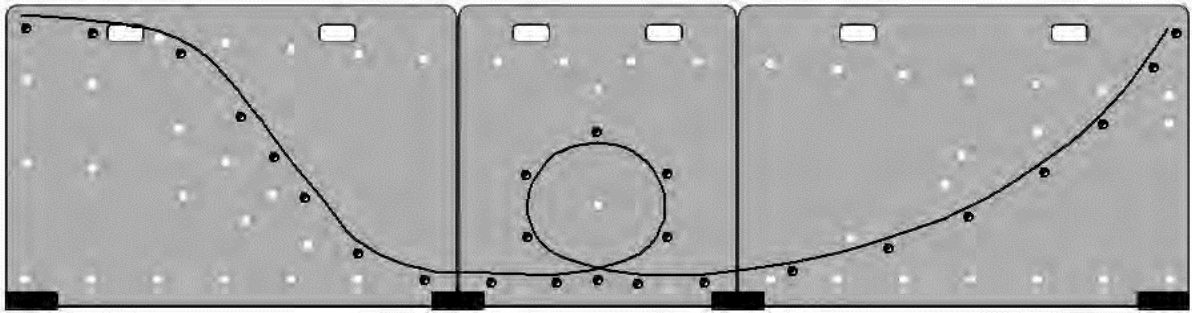
5 Προτεινόμενα πειράματα (με διατάξεις τροχιάς)

5.1 Βρόχος (ένα αμαξίδιο)

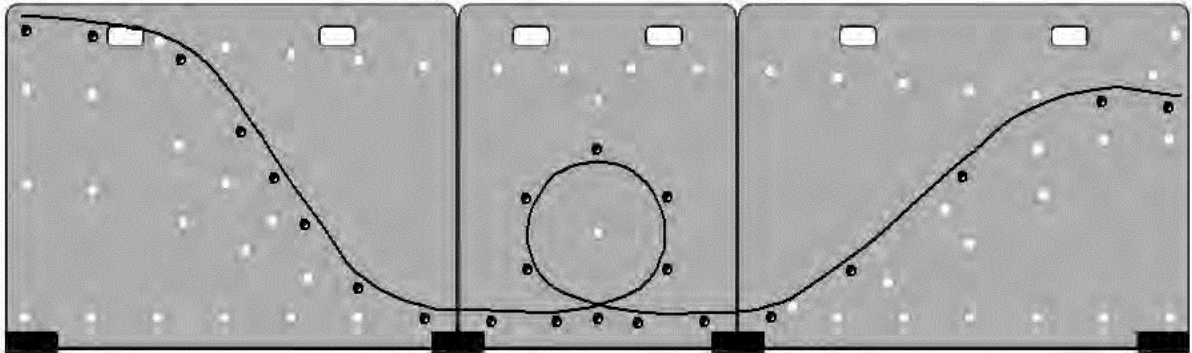
Υπάρχουν δύο βασικές διατάξεις για το βρόχο (βλέπε Διατάξεις 1α και 1β): και οι δύο ξεκινούν από τα αριστερά χρησιμοποιώντας την ψηλότερη τροχιά, αλλά καταλήγουν σε δύο διαφορετικές διαδρομές στα δεξιά. Η μια διαδρομή είναι απότομη στη μια πλευρά και πιο ομαλή στην άλλη για να τονισθεί ότι το αυτοκινητάκι θα φθάσει στο ίδιο ύψος σε κάθε πλευρά (αν αγνοηθούν οι τριβές). Σημειώνεται ότι μόνο ένα αυτοκινητάκι μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν αφήνονται από την ψηλότερη διαδρομή επειδή πιο πολλά αυτοκινητάκια συνδεδεμένα μεταξύ τους θα εκτροχιαστούν (επειδή τα αυτοκινητάκια που ακολουθούν θα κινούνται πολύ γρήγορα πάνω στην καμπή της τροχιάς).

Από που πρέπει να ξεκινήσει το αυτοκινητάκι για να καταφέρει να κάνει τον κύκλο; Σημειώστε ότι το αυτοκινητάκι καταφέρνει να κάνει τον κύκλο και όταν ξεκινά από τη δεύτερη ψηλότερη τροχιά στα αριστερά.

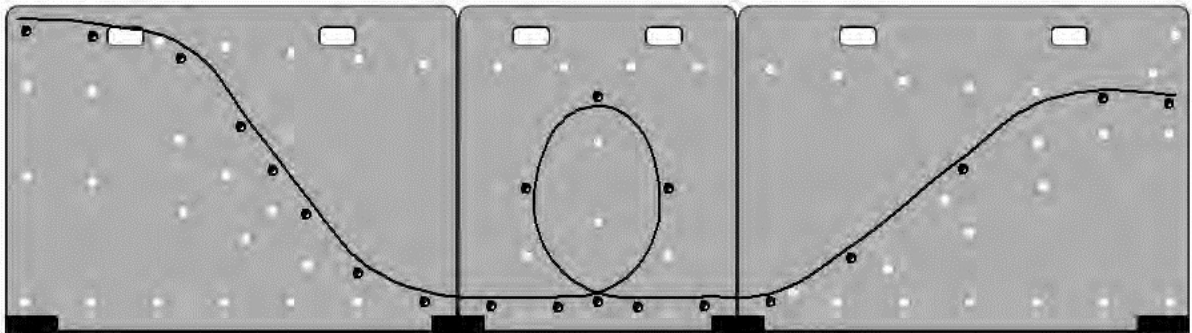
Είναι, επίσης, δυνατό να κατασκευαστεί και ένας μη κυκλικός βρόχος (βλέπε Διάταξη 1γ). Μήπως το αμαξάκι θα πρέπει να αφηθεί από το ίδιο σημείο όπως και στον κυκλικό βρόχο;



Διάταξη 1α: Βρόχος για ένα αμαξιδίο: Απότομη είσοδος/ρηγή έξοδος.



Διάταξη 1β: Βρόχος για ένα αμαξιδίο.



Διάταξη 1γ: Ωσειδής βρόχος.

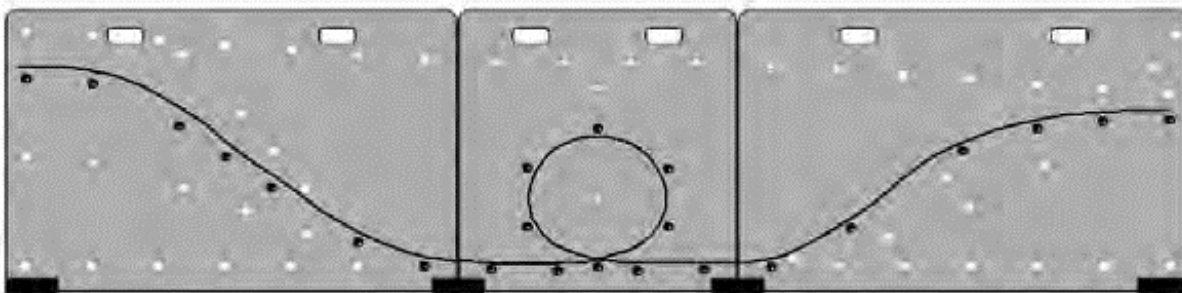
5.2 Ποτήρι με νερό στο βρόχο

Τοποθετείστε ποτηράκι με νερό στην υποδοχή φορτίου μάζας στο αυτοκινητάκι και αφήστε το αυτοκινητάκι να κάνει τον κύκλο. Το νερό θα παραμείνει στο ποτήρι καθώς το αυτοκινητάκι κινείται στον κατακόρυφο κύκλο; Τοποθετείστε συλλέκτη στο άκρο της τροχιάς για να μαζέψει το αυτοκινητάκι και να μην το αφήσει να επιστρέψει πίσω.

5.3 Τρενάκι τριών αμαξιδίων

Όταν χρησιμοποιείτε τα τρία αυτοκινητάκια συνδεδεμένα μεταξύ τους σαν τρενάκι ξεκινήστε από τα αριστερά από τη βαθμίδα που είναι δεύτερη από πάνω. (Βλέπε Διάταξη 3). Εκτός από το ερώτημα για το από που πρέπει να αφηθεί το τρενάκι για να κάνει τον κύκλο, οι ταχύτητες του πρώτου, του μεσαίου και του τελευταίου αμαξιδίου μπορούν να μετρηθούν σε οποιοδή-

ποτε σημείο κατά μήκος της τροχιάς για να φανεί ότι η ταχύτητα τους είναι διαφορετική καθώς περνούν από το σημείο. Το νερό θα παραμείνει σε κάθε ένα από τα τρία ποτήρια καθώς τα τρία αυτοκινητάκια κινούνται στον κύκλο;

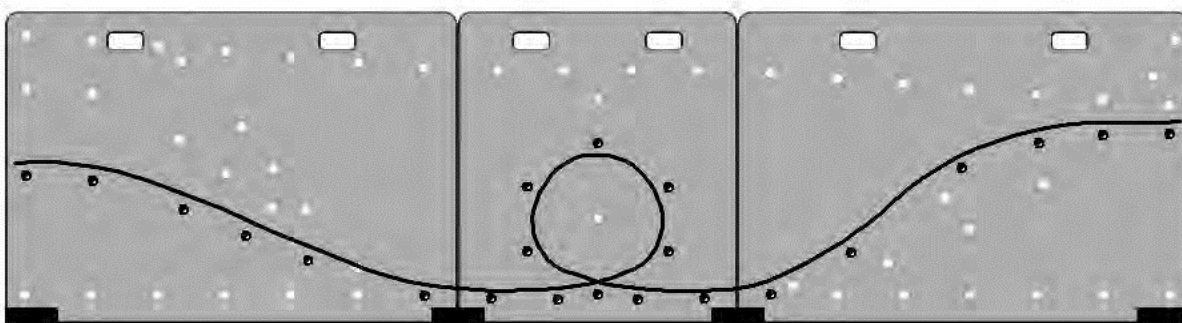


Διάταξη 3: Βρόχος για τρία αμαξίδια.

5.4 Κρούση μεταξύ δύο αμαξιδίων στο κάτω μέρος του βρόχου

Αφήστε ένα αυτοκινητάκι με φορτίο μάζας από την κορυφή της χαμηλότερης βαθμίδας στα αριστερά (δεύτερη ράβδος στήριξης από τα κάτω στη Διάταξη 4). Να δείξετε ότι δεν τα καταφέρνει να κάνει τον κύκλο.

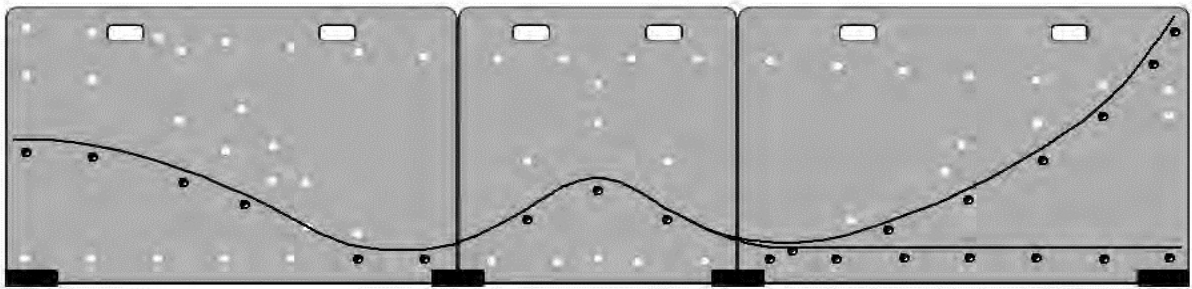
Στη συνέχεια τοποθετήστε ένα άλλο αυτοκινητάκι (χωρίς φορτίο μάζας) στο κάτω μέρος του βρόχου. Αφήστε το αυτοκινητάκι με το φορτίο μάζας από την χαμηλότερη βαθμίδα και αφήστε το να συγκρουστεί ελαστικά με το αμαξάκι στο κάτω μέρος του βρόχου. Μετά την κρούση το αμαξάκι που ήταν στο κάτω μέρος του βρόχου θα κάνει τον κύκλο;



Διάταξη 4: Κρούση μεταξύ δύο αμαξιδίων.

5.5 Διατήρηση ενέργειας (λόφοι)

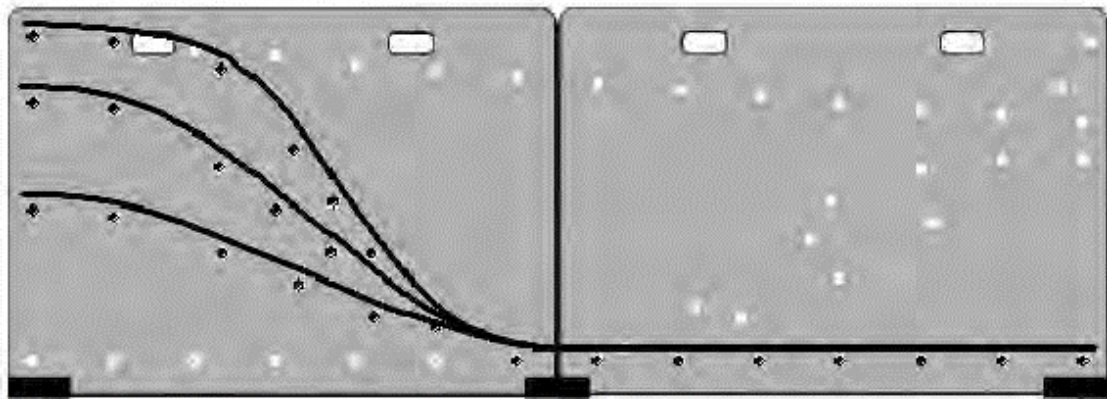
Αν το αυτοκινητάκι αφεθεί από τη χαμηλότερη βαθμίδα στα αριστερά (η δεύτερη ράβδος στήριξης από τα κάτω είναι η πρώτη βαθμίδα, βλέπε Διάταξη 5), το αυτοκινητάκι θα καταφέρει να ξεπεράσει το λόφο χωρίς να χάσει επαφή με την τροχιά. Αν το αυτοκινητάκι αφεθεί από πιο ψηλά στα δεξιά, τότε χάνει επαφή με την τροχιά περνώντας το λόφο. Η ταχύτητα του αμαξιδίου στην κορυφή του λόφου μπορεί να μετρηθεί με μια φωτοπύλη. Η κινητική ενέργεια μπορεί να υπολογιστεί και να συγκριθεί με την προβλεπόμενη από την αρχή διατήρησης της ενέργειας τιμή. Μπορεί επίσης να υπολογιστεί η κάθετη δύναμη στην κορυφή του λόφου.



Διάταξη 5: Διατήρηση της ενέργειας (λόφος).

5.6 Διατήρηση ενέργειας (βαθμίδες)

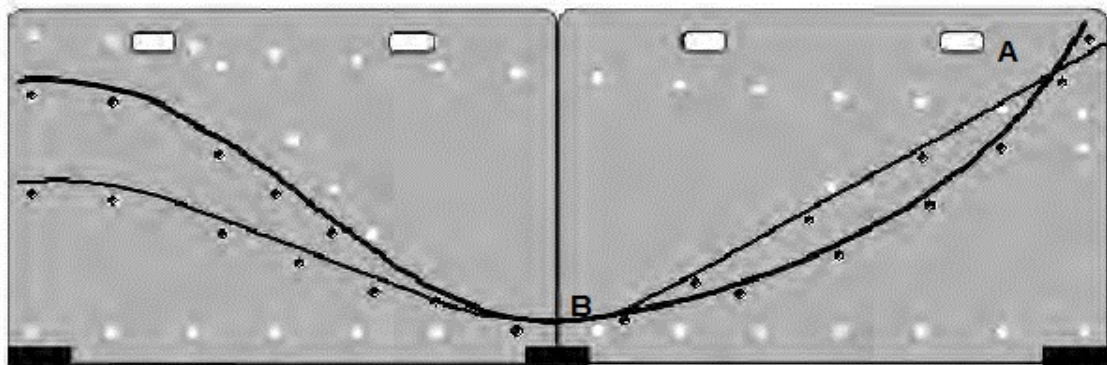
Συγκρίνετε τη δυναμική ενέργεια στην κορυφή της βαθμίδας με την κινητική ενέργεια στη βάση της βαθμίδας. (Χρησιμοποιήστε τη διαμόρφωση της Διάταξης 6).



Διάταξη 6: Διατήρηση της ενέργειας (βαθμίδες).

5.7 Τροχιά ελάχιστου χρόνου vs ευθείας τροχιάς

Η μικρότερη διαδρομή μεταξύ δύο σημείων είναι η ευθεία. Ποιο από τα αυτοκινητάκια θα κινηθεί από το σημείο A στο σημείο B (Διάταξη 7) στο μικρότερο χρόνο: το αυτοκινητάκι στην καμπύλη τροχιά ή το αυτοκινητάκι στην ευθύγραμμη τροχιά;

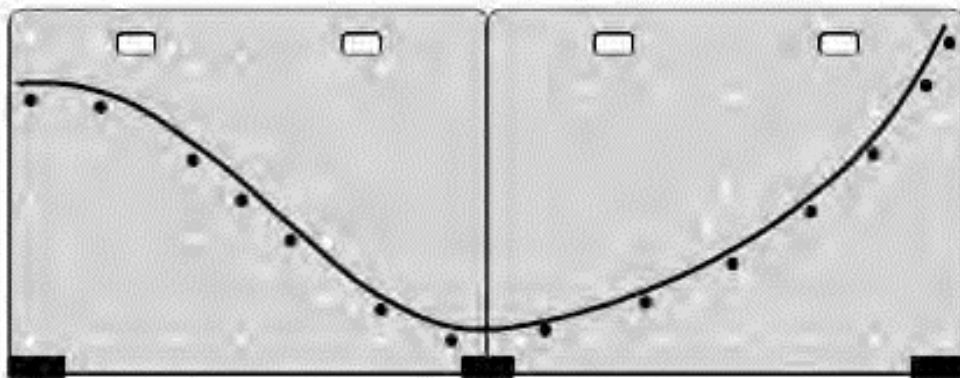


Διάταξη 7: Βραχυστόχρονη τροχιά vs. ευθεία τροχιά.

5.8 Τροχιά ελάχιστου χρόνου vs τροχιάς ελάχιστου χρόνου για διαφορετικές αρχικές θέσεις

Τοποθετήστε δύο τροχιές δίπλα - δίπλα κατά μήκος της τροχιάς ελάχιστου χρόνου (βλέπε Διάταξη 8). Αφήστε ταυτόχρονα το ένα αυτοκινητάκι από την κορυφή της μιας τροχιάς και το άλλο από το μέσο της άλλης τροχιάς. Παρατηρήστε ποιο από τα αυτοκινητάκια φτάνει πρώτο στη βάση της τροχιάς.

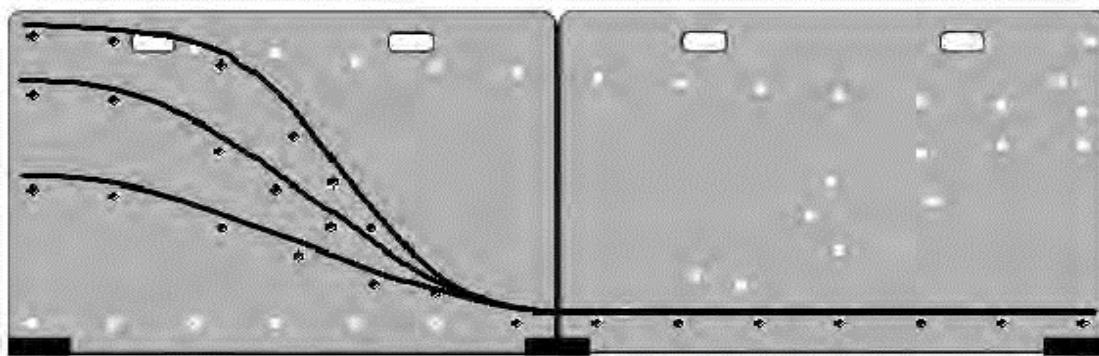
Με ποιο τρόπο ο χρόνος κίνησης μέχρι τη βάση της τροχιάς μεταβάλλεται σε σχέση με τις διαφορετικές αρχικές θέσεις;



Διάταξη 8: Βραχυστόχρονη τροχιά vs. βραχυστόχρονη τροχιά.

5.9 Επιτάχυνση σε τροχιές με διαφορετική κλίση

Στη Διάταξη 9 οι τρεις τροχιές έχουν ένα μικρό ευθύγραμμο τμήμα. Μετρήστε την επιτάχυνση του αμαξιδίου σε κάθε ένα από αυτά τα κεκλιμένα επίπεδα. Η επιτάχυνση μπορεί να μετρηθεί με δύο φωτοπύλες σε διαδοχικές ράβδους στήριξης και το χρονομετρητή ME-8930) σε λειτουργία "Επιτάχυνση: Δύο φωτοπύλες".⁷ Μετρήστε τη γωνία κλίσης του κάθε επιπέδου και υπολογίστε τις θεωρητικές επιταχύνσεις.

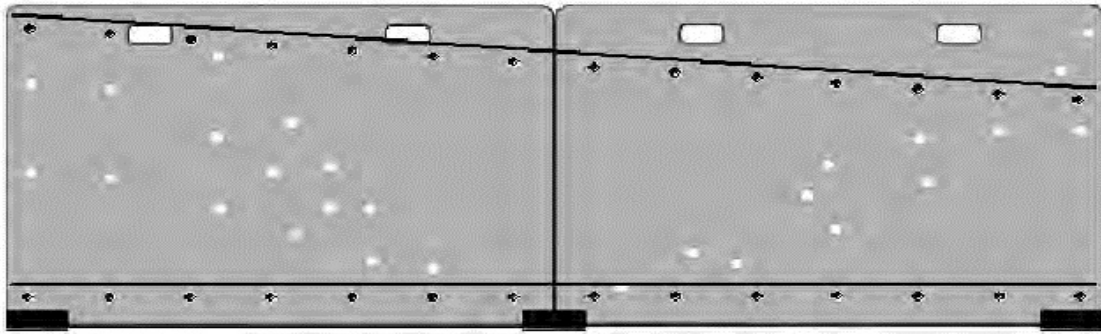


Διάταξη 9: Επιτάχυνση σε διαφορετικά κεκλιμένα επίπεδα.

5.10 Κρούσεις σε οριζόντια τροχιά

Διαμορφώστε την τροχιά όπως δείχνει η Διάταξη 10. Η οριζόντια ευθεία τροχιά στο κάτω μέρος των πινακίδων στήριξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ελαστικές και ανελαστικές κρού-

σεις. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο ή τρεις πινακίδες για τροχιές διαφορετικού μήκους.



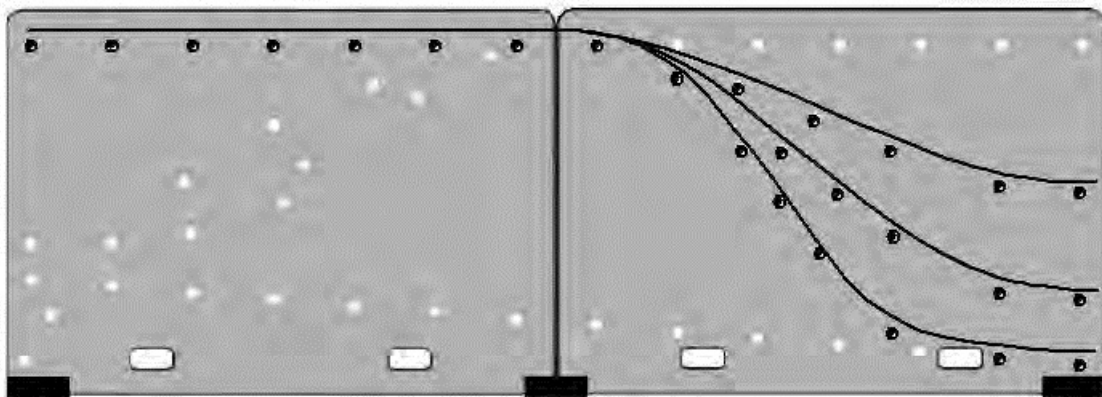
Διάταξη 10: Κρούσεις σε οριζόντια τροχιά.

5.11 Επιτάχυνση αμαξιδίου μέσω νήματος από σώμα σε τροχαλία

Η τροχαλία εφαρμόζει στο συλλέκτη στο άκρο της τροχιάς. Μια φωτοπύλη μπορεί να προσαρμοστεί στη ράβδο στήριξης που περνά μέσα από το συλλέκτη και η φωτοπύλη να τοποθετηθεί με τρόπο που η τροχαλία να κόβει τη φωτεινή δέσμη της φωτοπύλης.

5.12 Οριζόντια βολή αμαξιδίου από το άκρο της τροχιάς (3 διαφορετικά επίπεδα)

Διαμορφώστε την τροχιά όπως δείχνει η Διάταξη 12. Επιτρέψτε στο αυτοκινητάκι να κινηθεί πέρα από το τέλος της τροχιάς μέχρι το πάτωμα σε οριζόντια βολή. Απο ποια βαθμίδα το αυτοκινητάκι θα φθάσει πιο μακριά; Τοποθετήστε κάποιο μαξιλάρκι στο πάτωμα για να μειωθεί η δύναμη πρόσκρουσης.



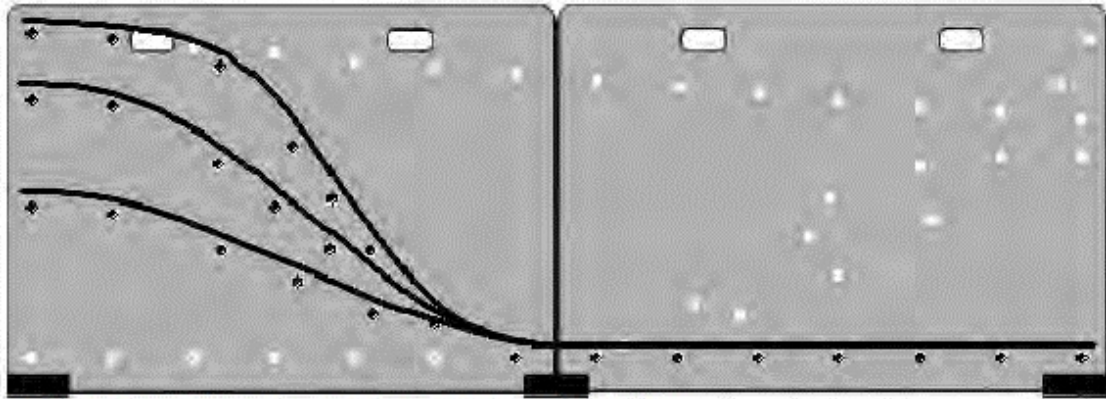
Διάταξη 12: Βολή αμαξιδίου από το τέλος της τροχιάς.

5.13 Οριζόντια βολή αμαξιδίου από το άκρο της τροχιάς μετά από κρούση με αμαξίδιο στο άκρο της τροχιάς

Διαμορφώστε την τροχιά όπως δείχνει η Διάταξη 13. Τοποθετήστε ένα αυτοκινητάκι στο τέλος της τροχιάς. Αφήστε ένα δεύτερο αμαξάκι να κυλήσει κάτω και να συγκρουστεί με το αυτοκινητάκι που ηρεμούσε στο άκρο της τροχιάς. Προβλέψτε σε ποιο σημείο στο πάτωμα

θα κτυπήσει το αυτοκινητάκι. Τοποθετήστε κάποιο μαξιλαράκι στο πάτωμα για να μειωθεί η δύναμη πρόσκρουσης.

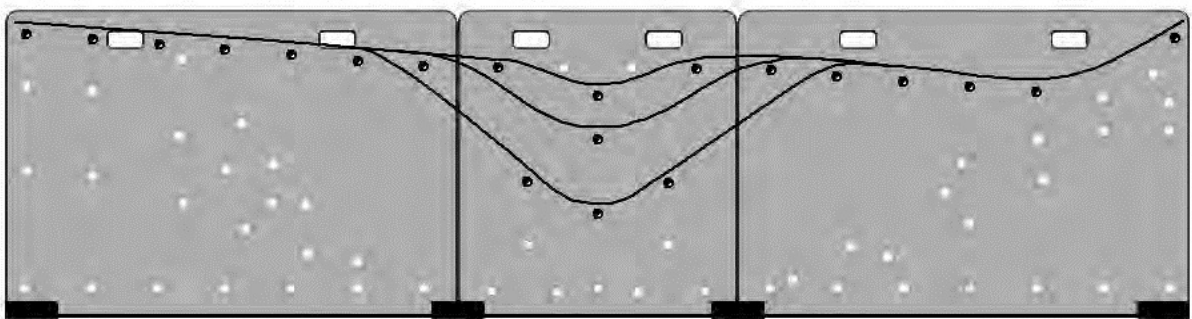
Αν ένα φορτίο μάζας τοποθετηθεί στο αυτοκινητάκι που αφήνεται να κυλήσει και τα δύο αυτοκινητάκια θα φύγουν από την τροχιά με διαφορετικές ταχύτητες. Προβλέψτε που θα πέσει το κάθε αυτοκινητάκι.



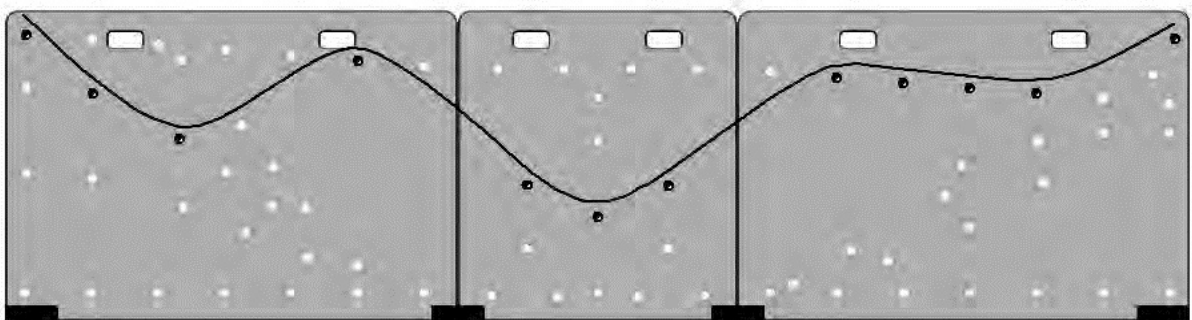
Διάταξη 13: Βολή αμαξιδίου μετά από κρούση.

5.14 Ταλαντώσεις σε πηγάδι

Διαμορφώστε την τροχιά όπως δείχνει η Διάταξη 14α ή 14β. Μετρήστε την περίοδο ταλάντωσης στο πηγάδι. Ανάλογα με την αρχική ταχύτητα και θέση, το αυτοκινητάκι θα παγιδευτεί σε διαφορετικά πηγάδια.



Διάταξη 14α: Ταλαντώσεις σε πηγάδι.



Διάταξη 14β: Πηγάδια δυναμικού.

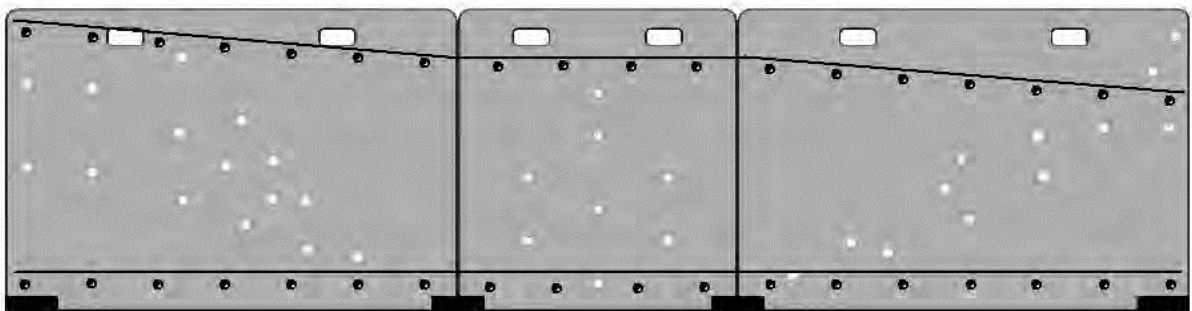
5.15 Διατήρηση της στροφορμής

Προσαρμόστε το συλλέκτη στο βραχίονα της περιστρεφόμενης πλατφόρμας ME-8951 τοποθετώντας μια βίδα μέσα από την εγκοπή σχήματος T στο πάνω μέρος της πλατφόρμας. Το αυτοκινητάκι φεύγει από την τροχιά μέσα στο συλλέκτη στην περιστρεφόμενη πλατφόρμα (βλέπε Διάταξη 15).



5.16 Θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση

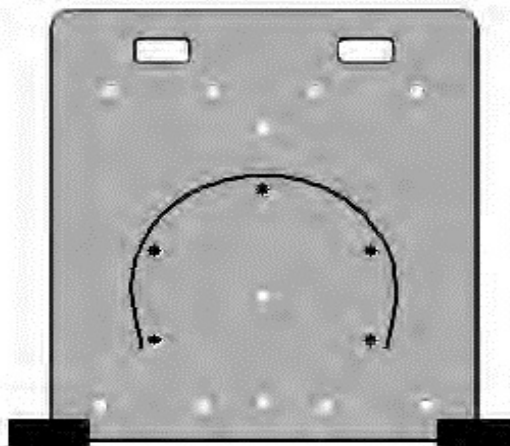
Διαμορφώστε την τροχιά όπως δείχνει η διάταξη 16. Ζητήστε από τους μαθητές να προβλέψουν τη μορφή των γραφικών παραστάσεων θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο για την κίνηση του αμαξιδίου αρχικά στο κεκλιμένο επίπεδο, στη συνέχεια στο οριζόντιο επίπεδο και στο τέλος ξανά σε κεκλιμένο επίπεδο. Στη συνέχεια δείξτε στους μαθητές την κίνηση και πάρτε μετρήσεις με φωτοπύλες και χρονομετρητή για έλεγχο των προβλέψεών τους.



Διάταξη 16: Θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση.

5.17 Κυκλική τροχιά

Φτιάξτε μια κυκλική τροχιά (Διάταξη 17) με την πλευρά στην οποία κινείται το αυτοκινητάκι στην εξωτερική πλευρά της τροχιάς. Αφήστε το αυτοκινητάκι από την κορυφή της τροχιάς και καταγράψτε το σημείο στο οποίο αφήνει την τροχιά. Για προσδιορισμό της θέσης στην οποία το αυτοκινητάκι χάνει επαφή με την τροχιά, τοποθετήστε μια φωτοπύλη κοντά στο σημείο που φαίνεται να χάνεται η επαφή. Προσαρμόστε τη θέση της φωτοπύλης έτσι που το σημαιάκι του αμαξιδίου μόλις που να μην κόβει τη δέσμη φωτός στη φωτοπύλη όταν το κινούμαι πάνω στην τροχιά με το χέρι μας.

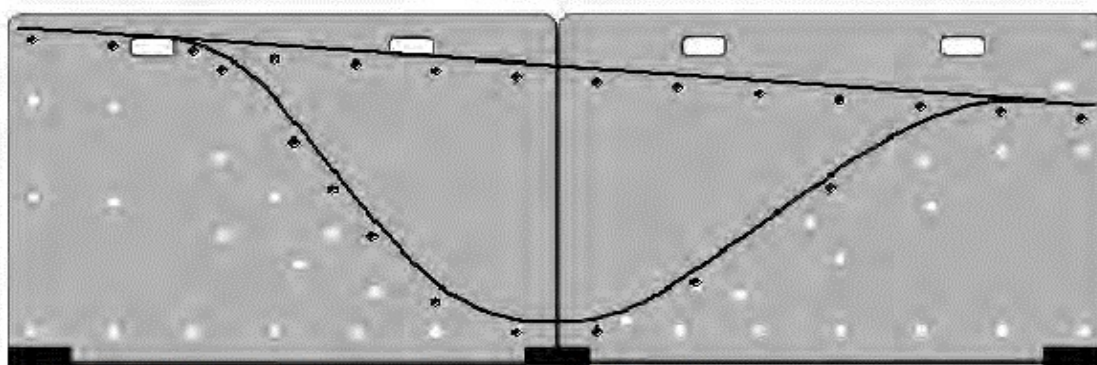


Διάταξη 17: Κυκλική τροχιά.

Στη συνέχεια αφήστε το αυτοκινητάκι να κινηθεί πάνω στην τροχιά και να χάσει επαφή με αυτήν. Αν το αυτοκινητάκι έχει χάσει επαφή όταν φθάνει στη φωτοπύλη τότε διακόπτεται η δέσμη της φωτοπύλης και ο χρονομετρητής μετρά την ταχύτητα του αμαξιδίου. Από την αρχή διατήρησης της ενέργειας ⁸ μπορεί να προβλεφθεί η γωνία στην οποία το αυτοκινητάκι θα χάσει επαφή με την τροχιά.

5.18 Πάνω διαδρομή και κάτω διαδρομή

Εφαρμόστε δύο τροχιές δίπλα-δίπλα (Διάταξη 18) και αφήστε να συναγωνιστούν δύο αυτοκινητάκια. Ποιο αυτοκινητάκι θα κερδίσει; Ποιες είναι οι τελικές ταχύτητες των αμαξιδίων στο τέλος των τροχιών όταν είναι πάλι μαζί; Είναι ενδιαφέρον να τοποθετήσετε ένα ύφασμα στις ράβδους στήριξης της πάνω τροχιάς για να καλύψετε την κάτω τροχιά. Το αυτοκινητάκι στη χαμηλή διαδρομή εξαφανίζεται πίσω από το ύφασμα και εμφανίζεται σε εκπληκτικά μικρό χρονικό διάστημα.



Διάταξη 18: Πάνω διαδρομή vs. κάτω διαδρομή.

6 ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

¹ Η μετάφραση του εγχειριδίου έγινε από το Γιώργο Τσαλακό, Λειτουργό του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου Κύπρου.

² Σημείωση του μεταφραστή: Ο αριθμός μοντέλου αναφέρεται στον κατάλογο της εταιρείας PASCO. Ο κωδικός του είδους στον κατάλογο του Υπουργείου Παιδείας είναι Μ - 110.

³ Στο εγχειρίδιο θα χρησιμοποιείται και η λέξη αυτοκινητάκι, έχοντας ακριβώς το ίδιο νόημα με τη λέξη αμαξιδίδο.

⁴ Σημείωση του μεταφραστή: Ο εξοπλισμός αυτός δεν περιέχεται στο σετ.

⁵ **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Για αποφυγή πρόκλησης ζημιάς στην τροχιά **μην** τυλίξετε την τροχιά σε ρολά με μικρή ακτίνα (μικρότερη των 12cm).

⁶ Σημείωση του μεταφραστή: Η φωτοπύλη μπορεί να συνδεθεί με τη διασύνδεση της PASCO ScienceWorkshop που υπάρχει σε όλα τα Λύκεια και Τεχνικές Σχολές).

⁷ Σημείωση του μεταφραστή: Αντί του χρονομετρητή μπορεί να χρησιμοποιηθεί η διασύνδεση της PASCO.

⁸ Σημείωση του μεταφραστή: ... και χρησιμοποιώντας τους νόμους της κυκλικής κίνησης ...