ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ (Project)

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Το 1604 ο Γαλιλαίος έγραφε προς το φίλο του Paolo Sarpi: «Κατέληξα σε μια πρόταση που, αν τη δεχτώ, μπορώ να αποδείξω πολλές άλλες. Συγκεκριμένα, ότι οι αποστάσεις που διανύει ένα σώμα όταν κινείται με φυσική κίνηση είναι ανάλογες με τα τετράγωνα των χρόνων και, κατά συνέπεια, οι αποστάσεις που διανύονται σε ίσους χρόνους βαίνουν όπως οι περιττοί αριθμοί, αρχίζοντας από τη μονάδα. Η θεμελιώδης αρχή που δέχομαι είναι ότι η ταχύτητα ενός σώματος που κινείται με φυσική κίνηση αυξάνεται ανάλογα με την απόσταση από την αφετηρία».

ΟΜΑΔΑ Α

1. Τι σημαίνει «φυσική κίνηση» ενός σώματος;
2. Ποιες απόψεις επικρατούσαν για τη φυσική κίνηση την συγκεκριμένη εποχή;

ΟΜΑΔΑ Β

1. Πώς κρίνετε εμπειρικά τη θεμελιώδη αρχή; Να αναφερθείτε σε συγκεκριμένα παραδείγματα.
2. Ας κάνουμε μια προσομοίωση με έτοιμο λογισμό για να ελέγξουμε τη θεμελιώδη αρχή.
3. Προσπαθώ να μαθηματικοποιήσω τη θεμελιώδη αρχή και να την ελέγξω με λογισμικό που χρησιμοποιεί μαθηματικές συναρτήσεις.
4. Σκεφτείτε μία ή περισσότερες πειραματικές διατάξεις που μπορούν να επαληθεύσουν ή να διαψεύσουν την θεμελιώδη αρχή.

ΟΜΑΔΑ Γ

1. Την πρόταση «οι αποστάσεις που διανύει ένα σώμα όταν κινείται με φυσική κίνηση είναι ανάλογες με τα τετράγωνα των χρόνων», τη χρησιμοποιήσατε συχνά στις ασκήσεις φυσικής, σας φαίνεται, ότι εμπειρικά είναι προφανής; Σε ποιες εμπειρίες θα αναφερόσασταν;
2. Ας κάνουμε μια προσομοίωση με έτοιμο λογισμό για να ελέγξουμε την ορθότητα του παραπάνω συμπεράσματος.
3. Ποια μαθηματική σχέση μάθατε ότι εκφράζει την παραπάνω πρόταση; Κάντε έλεγχο της πρότασης με λογισμικό που χρησιμοποιεί μαθηματικές σχέσεις.

ΟΜΑΔΑ Δ

1. Αν δεχτούμε την πρόταση σαν σωστή πώς μπορώ να αποδείξω ότι «οι αποστάσεις που διανύονται σε ίσους χρόνους βαίνουν όπως οι περιττοί αριθμοί, αρχίζοντας από τη μονάδα»;
2. Χρησιμοποιείστε προσομοιώσεις ή μαθηματικό λογισμικό με παραδείγματα που εσείς θα σκεφτείτε για δείτε ποιο πρακτικά σε τι αναλογίες μας οδηγεί η συνέπεια της πρότασης.

ΚΟΙΝΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΟΜΑΔΕΣ

α. Σε ποια συμπεράσματα καταλήγουμε ως προς την ορθότητα:

- της πρότασης
- της συνέπειας της πρότασης
- της θεμελιώδους αρχής

β. Ποιο από τα προηγούμενα συνάγεται από την άμεση εμπειρία;

γ. Ποιους προβληματισμούς σας προκαλεί η επιστολή του Γαλιλαίου; Θα θεωρούσατε αξιόπιστες τις απόψεις του;

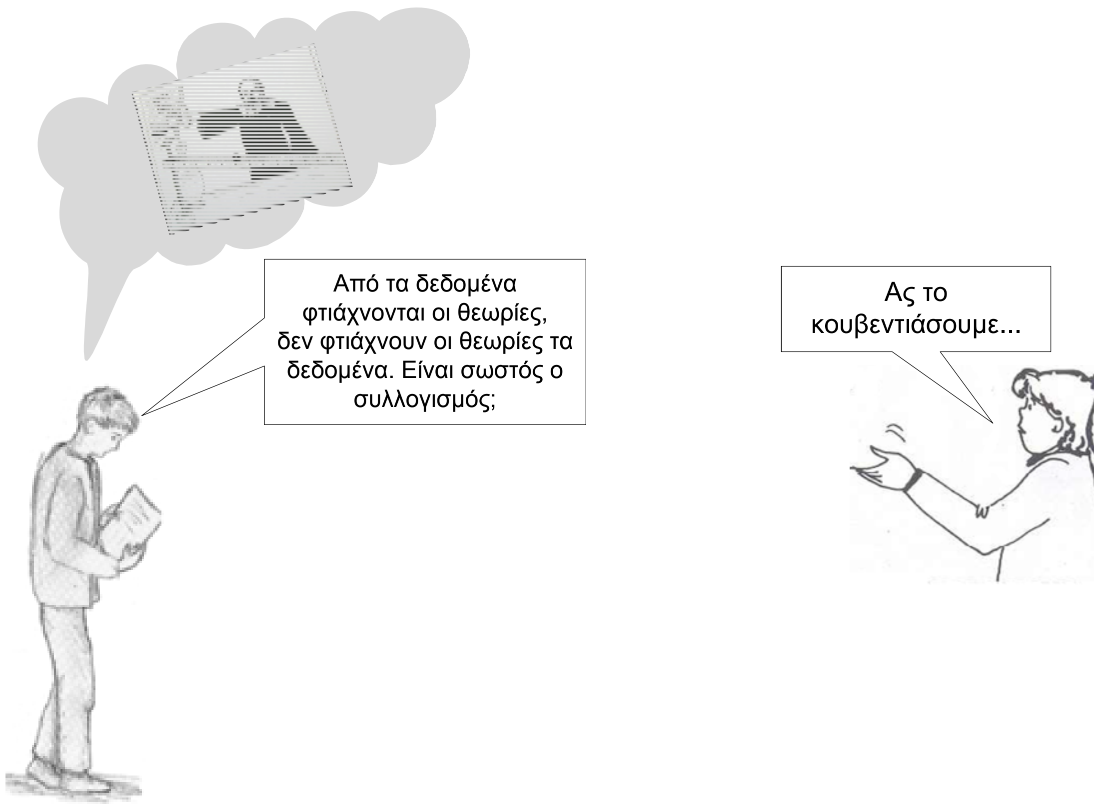
Διαβάστε πριν απαντήσετε το παρακάτω κείμενο του Άγγλου φιλόσοφου Francis Bacon (Φράνσις Μπέικον, 1561–1626)

"Η ανθρώπινη διάνοια, από τη στιγμή που θα υιοθετήσει μια άποψη (είτε επειδή είναι η κοινώς παραδεκτή είτε επειδή της είναι αρεστή), διαμορφώνει το καθετί κατά τρόπον ώστε να στηρίζει και να επιβεβαιώνει την άποψη αυτή. Όσο ισχυρές και πολλές και να είναι οι αποδείξεις περί του αντιθέτου, με μια βαριά και ολέθρια προκατάληψη τις αγνοεί και τις περιφρονεί ή τις εξαιρεί και τις απορρίπτει, επικαλούμενη κάποια διάκριση, προκειμένου να διαφυλαχθεί το κύρος των πρώτων παραδοχών. [...]"

"Έτσι λειτουργούν όλες οι προλήψεις, είτε πρόκειται για την αστρολογία, τα όνειρα, τους οιωνούς, τη θεία δίκη, είτε για άλλο τι παρόμοιο· οι άνθρωποι, που αρέσκονται σε τέτοιες κενότητες, δίνουν σημασία στα γεγονότα όταν αυτά επαληθεύουν τις προβλέψεις τους, ενώ όταν κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει — πράγμα που αποτελεί και τον κανόνα — τα παραβλέπουν και τα προσπερνούν. Αυτό το κακό, όμως, παρεισφρέει με πολύ πιο ύπουλο τρόπο στη φιλοσοφία και στις επιστήμες, όπου η αρχική άποψη αλλοιώνει και υποτάσσει εκείνην που έπεται, ακόμη και αν η τελευταία είναι ορθότερη και καλύτερα θεμελιωμένη. Εξάλλου, ανεξάρτητα από αυτή την τέρψη και την ελαφρότητα που περιέγραψα, είναι μόνιμο και χαρακτηριστικό σφάλμα της ανθρώπινης διάνοιας να συγκινείται και να διεγείρεται περισσότερο από την κατάφαση παρά από την άρνηση, ενώ κανονικά θα έπρεπε να αντιμετωπίζει καί τα δύο με τον ίδιο τρόπο. Για τη θεμελίωση μάλιστα ενός πραγματικού αξιώματος, μεγαλύτερη ισχύ έχει το αρνητικό παράδειγμα."

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

1. Κόμιξ με τους διαλόγους και τις σκέψεις μας.



2. Κατασκευή κεκλιμένου επιπέδου και αναπαράσταση των πειραμάτων του Γαλιλαίου.

3. Μέτρηση της σταθεράς αναλογίας με δύο τρόπους και χρήση Multi-Log

- Αφήνω ένα μπαλάκι του τένις να πέσει
- Χρησιμοποιώ το απλό εκκρεμές

ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

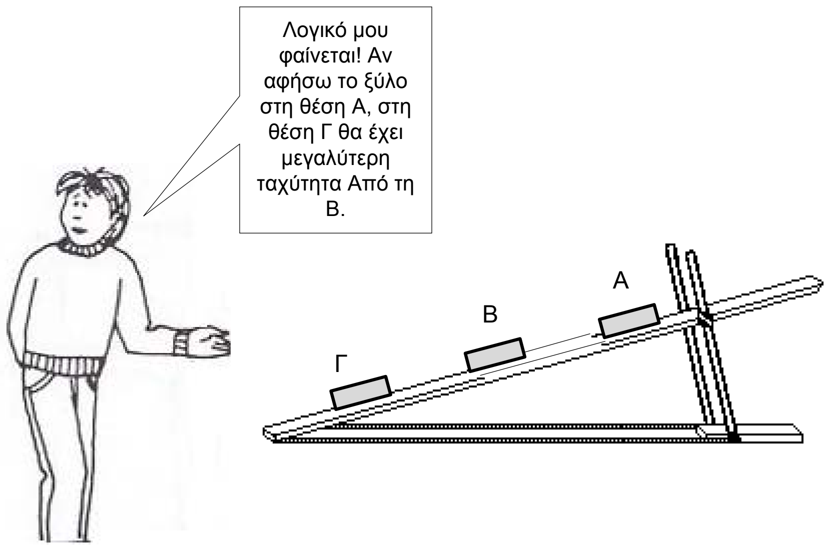
- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ - ΔΕΔΟΜΕΝΟ
- ΠΕΙΡΑΜΑ , ΝΟΗΤΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ, ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

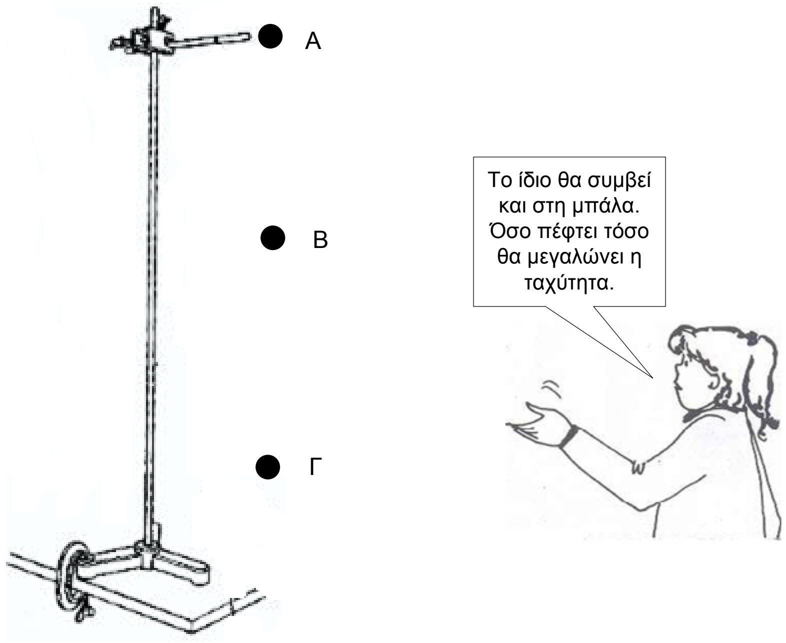
ΟΜΑΔΑ Β

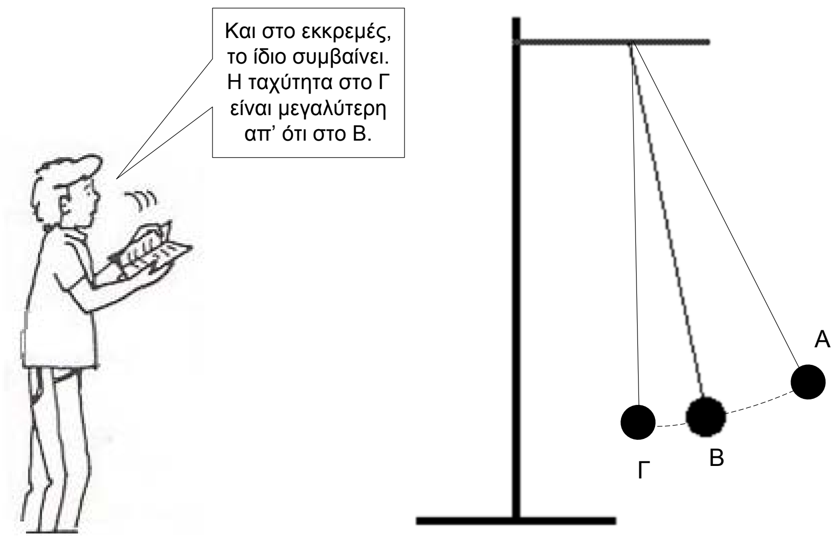
1. Πώς κρίνετε εμπειρικά τη θεμελιώδη αρχή; Να αναφερθείτε σε συγκεκριμένα παραδείγματα.

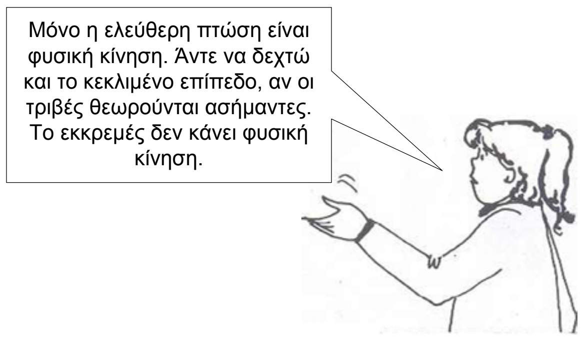
«Η ταχύτητα ενός σώματος που κινείται με φυσική κίνηση αυξάνεται ανάλογα με την απόσταση από την αφετηρία».

Η ομάδα Β αρχίζει να εργάζεται. Πώς κρίνετε εμπειρικά τη θεμελιώδη αρχή; Να αναφερθείτε σε συγκεκριμένα παραδείγματα.





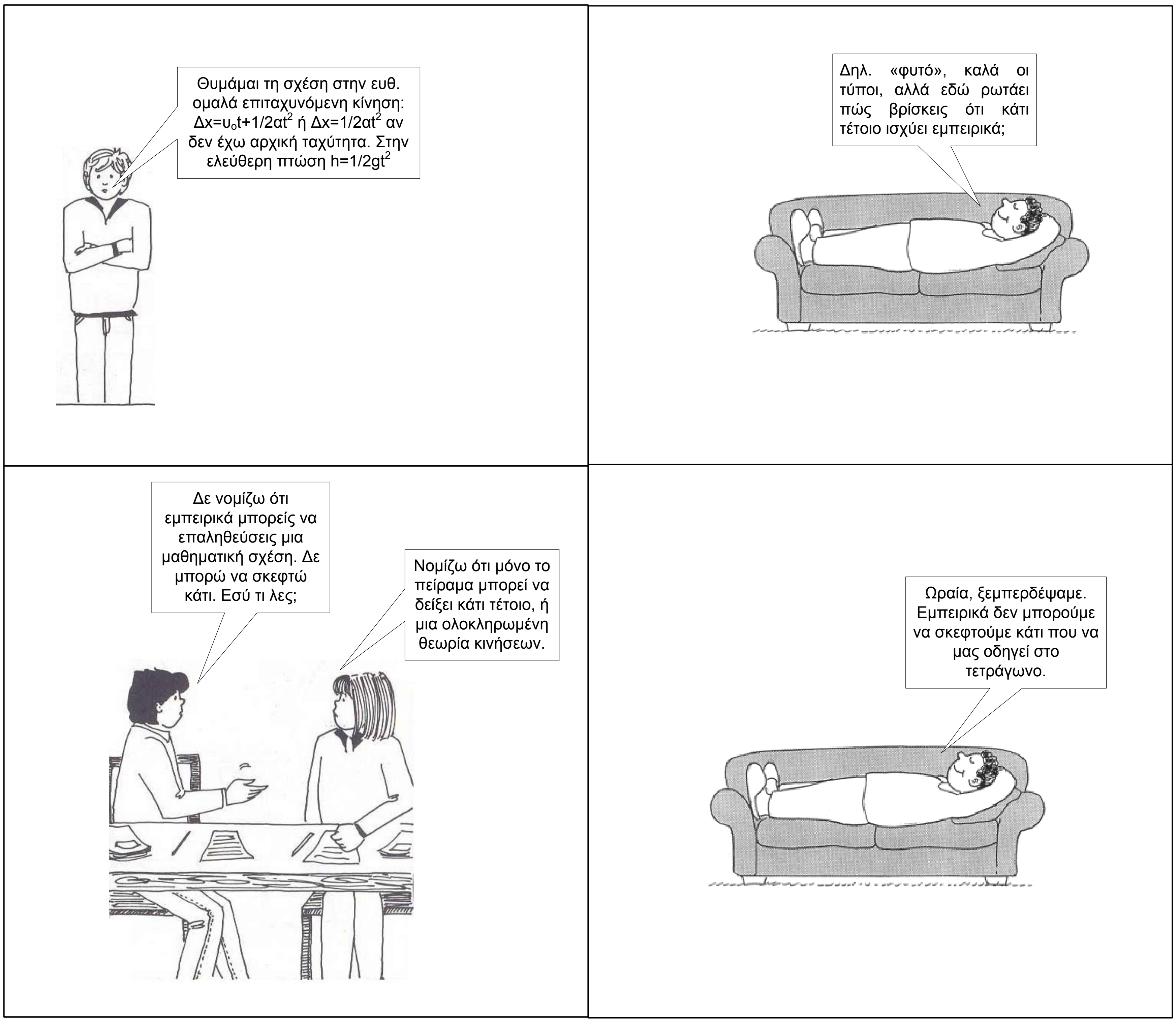


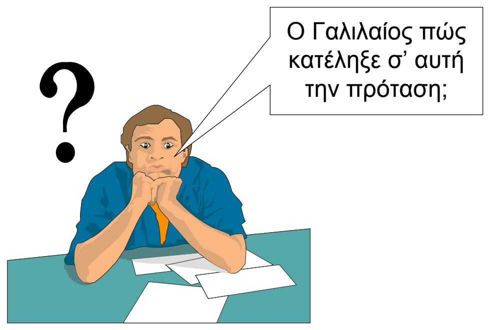


?

Η Β ομάδα ρωτά την Α. Ποιες από τις τρεις κινήσεις που προτάθηκαν είναι «φυσικές κινήσεις»;

Η ομάδα Γ αρχίζει να εργάζεται. Την πρόταση «οι αποστάσεις που διανύει ένα σώμα όταν κινείται με φυσική κίνηση είναι ανάλογες με τα τετράγωνα των χρόνων», τη χρησιμοποιήσατε συχνά στις ασκήσεις φυσικής, σας φαίνεται, ότι εμπειρικά είναι προφανής; Σε ποιες εμπειρίες θα αναφερόσασταν;





<u>ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΑ</u>

- Τη βρήκε έτοιμη από κάποιο προγενέστερο.
- Την απέδειξε θεωρητικά (Θεωρία Μέρτον). Πώς όμως;
- Την απέδειξε πειραματικά με κεκλιμένο επίπεδο. Ήταν κάτι τέτοιο εφικτό;

<u>ΑΣΚΗΣΗ</u>: Να γίνει έλεγχος των ενδεχομένων και να εκφράσουμε άποψη

(Κάντε χρήση της βιβλιογραφίας)

Ας κάνουμε μια «προσομοίωση» με έτοιμο λογισμό για να ελέγξουμε την πρόταση.

- Χρησιμοποιείστε το Interactive Physics και κάντε μια προσομοίωση κίνησης σε κεκλιμένο επίπεδο.
- Κατασκευάστε ένα πίνακα τιμών (τουλάχιστον 10) Δx - t- t^2

t	Δx	t^2

- Επαληθεύεται η πρόταση;

ΝΟΗΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Ένα νοητό πείραμα ή πείραμα σκέψης (thought experiment, από το γερμανικό ουσιαστικό Gedankenexperiment) αποτελεί μια προσπάθεια για επίλυση ενός προβλήματος με την χρήση της μοναδικής δύναμης της ανθρώπινης φαντασίας. Στην περίπτωσή μας θα χρησιμοποιήσουμε την περιγραφή των νοητικών πειραμάτων κατά Sorensen, που θεωρεί ότι εξελίσσονται από τα πραγματικά πειράματα με διαδικασία συνεχούς αφαίρεσης παραμέτρων και εξιδανίκευσης συσκευών και καταστάσεων. Δε θα αναφερθούμε στις ομοιότητες και διαφορές των Ν.Π και των πραγματικών, απλά θα σημειώσουμε ότι στα νοητικά πειράματα δεν λαμβάνουμε ποσοτικές μετρήσεις για συμπληρώσουμε πίνακες τιμών, κάτι που φυσικά είναι απαραίτητο στα πραγματικά πειράματα. Η μέθοδος που κυριαρχεί γενικά στα νοητά πειράματα διατυπώνεται μέσω της ερώτησης «τι θα συνέβαινε εάν...;». Πρέπει φυσικά να έχουμε πάντα κατά νου ότι ένα πείραμα σκέψης αποτελεί συχνά ένα παράδειγμα, και άρα δεν εξηγεί πλήρως την ιδέα από την οποία προκύπτει. Δεν είναι σε καμία περίπτωση μια απόδειξη.

Ας δούμε ένα από τα πειράματα σκέψης του Γαλιλαίου

Ο Γαλιλαίος (αρχές 17ου αιώνα) αντιλήφθηκε πως αν μηδενίζονταν οι δυνάμεις τριβής, ένα αντικείμενο θα μπορούσε θεωρητικά να κινείται με σταθερή ταχύτητα για άπειρο χρόνο. Ας παρακολουθήσουμε κάποιους συλλογισμούς του.

1ος Συλλογισμός (υποθέτω ότι δεν υπάρχουν τριβές)

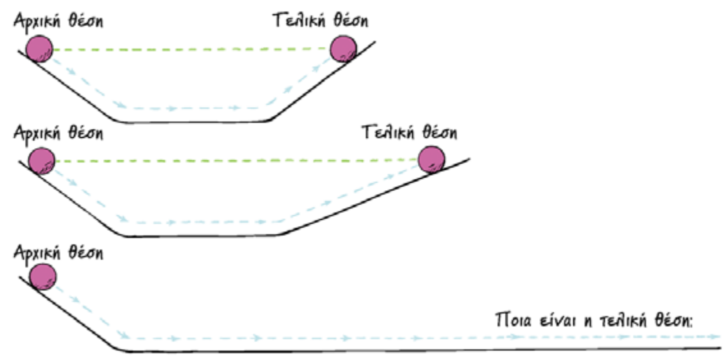
Αν αφήσω μια μπάλα σ' ένα κεκλιμένο επίπεδο με κλίση προς τα κάτω, καθώς θα κινείται η ταχύτητα θα **αυξάνεται**

Αν σπρώξω μια μπάλα σ' ένα κεκλιμένο επίπεδο με κλίση προς τα πάνω καθώς κινείται η ταχύτητα θα **μειώνεται**.

Αν έχω μηδενική κλίση πώς θα μεταβάλλεται η ταχύτητα;

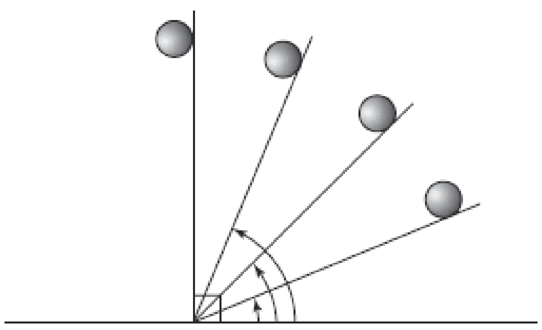
2ος Συλλογισμός (υποθέτω ότι δεν υπάρχουν τριβές)

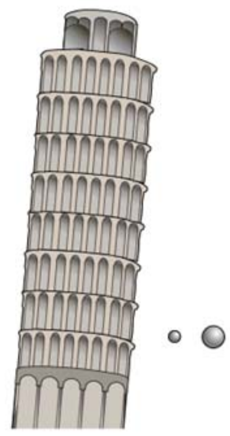
Αφήνω τη σφαίρα μεταβάλλοντας τη κλίση του δεύτερου κεκλιμένου επιπέδου.



ΟΜΑΔΑ Α

Με βάση την πρόταση ότι: «οι αποστάσεις που διανύει ένα σώμα όταν κινείται με φυσική κίνηση είναι ανάλογες με τα τετράγωνα των χρόνων» μπορείτε με ένα Ν.Π να υποθέσετε ότι ένα βαρύ και ένα ελαφρύ σώμα θα πέφτουν ταυτόχρονα; Τα παρακάτω σχήματα ίσως σας βοηθήσουν, δεν είναι υποχρεωτικό να τα χρησιμοποιήσετε.





ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ (ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ)

Με τον όρο μοντελοποίηση, εννοούνται διαδικασίες επινόησης και χρήσης μοντέλων με σκοπό να επιτελέσουν μία ή περισσότερες από τις βασικές λειτουργίες όπως η αναπαράσταση ενός συστήματος, η πρόβλεψη και η εξήγηση (Σταυρίδου, 1995).

Δυο διαφορετικοί τρόποι αξιοποίησης προσομοιώσεων απαντώνται στην εκπαιδευτική διαδικασία: η χρήση μοντέλου (model-using) και η κατασκευή μοντέλου (model-building). Χρήση μοντέλου έχουμε όταν χρησιμοποιείται η προσομοίωση που σχεδιάστηκε από κάποιον άλλο. Κατασκευή μοντέλου έχουμε όταν ο χρήστης έχει άμεσο ρόλο στο χτίσιμο της προσομοίωσης.

ΟΜΑΔΑ Β

Με βάση την επινόηση ενός ή περισσοτέρων Ν.Π της ομάδας Α προσπαθείστε να κατασκευάσετε μοντέλα στον Η/Υ που να υποστηρίζουν ή να απορρίπτουν τα Ν.Π της ομάδας Α. Ποιες δυσκολίες συναντήσατε;

Καθηγητής

Επίδειξη προγραμμάτων επιστημονικής προσομοίωσης στα οποία θα σας αποδείξω ότι ήταν αδύνατο, την εποχή του Γαλιλαίου, να προκύψει πειραματικά ο νόμος της ελεύθερης πτώσης.

ΠΕΙΡΑΜΑ

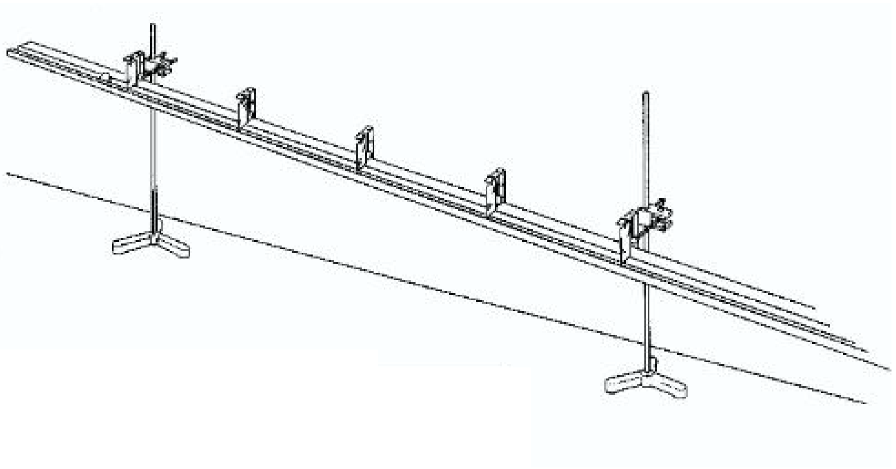
ΟΜΑΔΑ Γ

Πειράματα με το σετ μηχανικής (Γενικών Λυκείων, αν μας δανείσουν) και τη χρήση του Multi-Log για επαλήθευση ή διάψευση των Ν.Π της ομάδας Α. Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζετε στο σχεδιασμό του πειράματος;

ΟΜΑΔΑ Δ

Συγκρίνετε τις εργασίες των τριών προηγούμενων ομάδων και γράψτε τα συμπεράσματά σας. Η έκθεση πρέπει να είναι τουλάχιστον δύο (2) σελίδες. Θα σας βοηθήσω να γραφεί στον Η/Υ.

ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ «ΕΝΑ ΑΠΟ ΤΑ 10 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ» ?



Η σανίδα του Γαλιλαίου:

Μήκος: 12 braccia=12 x 58,4cm=700,8cm

Πλάτος : 0,5 braccia=0,5 x 58,4cm=0,292cm

Πάχος : 3 in =3 x 2,54= 7,62cm

Αυλάκι πλάτους 1 in = 2,54cm

Το αυλάκι στρώθηκε με μια λεία και καθαρή μεμβράνη.

Δοκιμαστικό σώμα

Καλά στρογγυλευμένη και στιλβωμένη σφαίρα από μπρούντζο.

Διάμετρος : 1 in

Μέτρηση χρόνου

- Ένας μεγάλος κάδος γεμάτος με νερό που στον πυθμένα είχε ένα μικρό σωλήνα.
- Ένα μικρό κύπελλο.
- Μια ζυγαριά

Κατά τη διάρκεια της κίνησης στο επίπεδο, συγκέντρωνε στο κύπελλο το νερό που έτρεχε από το σωλήνα και στη συνέχεια το ζύγιζε στη ζυγαριά του. Δηλ. ο Γαλιλαίος μετρούσε το χρόνο σε γραμμάρια νερού.

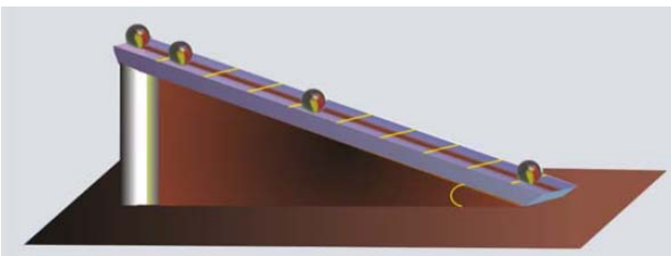
Οι κλίσεις που χρησιμοποιούνταν ήταν σχετικά μικρές, ώστε η τριβή ολίσθησης των σφαιρών να θεωρηθεί πρακτικά αμελητέα : Ανύψωνε το ένα άκρο της σανίδας κατά ένα έως δύο Braccia. Δηλ. 58,4cm Εως 116,8cm , Πράγμα που σημαίνει γωνίες 0,083rad ($4{,}78^o$) εως 0,167rad ($9{,}59^o$).

Υποθέσεις για τον έλεγχο των πειραμάτων του Γαλιλαίου

- Παροχή του σωλήνα του κάδου νερού: 50g/s
- Ακρίβεια ζύγισης : ±5g
- Πυκνότητα μπρούτζου: 8.500Kg/m^3
- Ο συντελεστής κύλισης Κ της σφαίρας από μπρούτζο στο επιστρωμένο με μεμβράνη αυλάκι, είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο συντελεστή για την κύλιση χαλύβδινων στρωτήρων πάνω σε λείες καθαρές χαλύβδινες πλάκες, και μικρότερος από το συντελεστή κύλισης ξηρού ξύλου πάνω σε ξηρό ξύλο δηλ. 0,01cm<K<0,05cm.

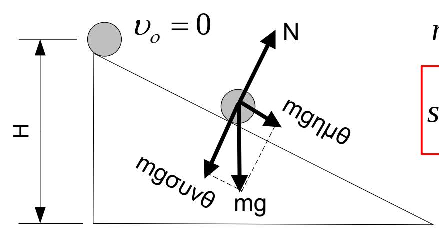
(American Institute of Physics Handbook (McSraw-Hill p.2-47)

http://en.wikipedia.org/wiki/Rolling_resistance



ΘΕΩΡΙΑ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

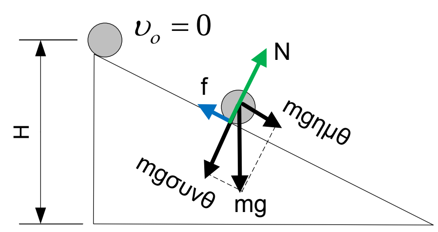
Α΄ Λυκείου (υλικό σημείο)



$$ma = mg\eta\mu\theta \Rightarrow a = g\eta\mu\theta$$

$$\boxed{s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow s = \frac{g\eta\mu\theta t^2}{2}}$$

Γ΄ Λυκείου (στερεό σώμα σφαίρα)



$$ma_{cm} = mg\eta\mu\theta - f \quad (1)$$

$$Ia_{\gamma\omega\nu} = fR \Rightarrow \frac{2}{5}mR^2\frac{a_{cm}}{R} = fR \Rightarrow f = \frac{2}{5}ma_{cm} \ (2)$$

Από (1) και (2) : $a_{cm} = \frac{5}{7}g\eta\mu\theta$

$$\boxed{s = \frac{a_{cm}t^2}{2} \Rightarrow s = \frac{5}{14}g\eta\mu\theta t^2}$$

Κύλιση σφαίρας με υπολογισμό και της τριβής κύλισης

$$ma_{cm} = mg\eta\mu\theta - f \quad (1)$$

$$Ia_{\gamma\omega\nu} = f'R - Kmg\sigma\upsilon\nu\theta \Rightarrow \frac{2}{5}mR^2\frac{a_{cm}}{R} = f'R - Kmg\sigma\upsilon\nu\theta \Rightarrow f' = \frac{2}{5}ma_{cm} + \frac{Kmg\sigma\upsilon\nu\theta}{R} \ (2)$$

Από (1) και (2) : $a_{cm} = \frac{5}{7}g\left(\eta\mu\theta - \frac{K}{R}\sigma\upsilon\nu\theta\right)$

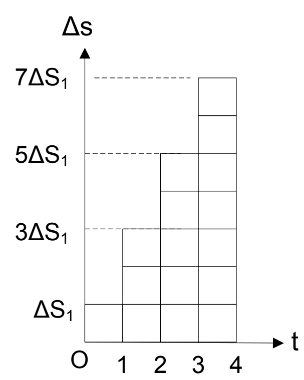
$$\boxed{s = \frac{5}{14}g\left(\eta\mu\theta - \frac{K}{R}\sigma\upsilon\nu\theta\right)t^2}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (ΧΩΡΙΣ ΤΡΙΒΗ ΚΥΛΙΣΗΣ, Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ)

t(sec)	s(m)	Δs(m)	n (περιττός)	n x Δs_1	t^2		
0	0.000						
1	0.608	0.608	1	**0.608**	1	x 0,608	0.608
2	2.433	1.825	3	1.825	4	x 0,608	2.433
3	5.474	3.041	5	3.041	9	x 0,608	5.474
4	9.731	4.257	7	4.257	16	x 0,608	9.731
5	15.205	5.474	9	5.474	25	x 0,608	15.205

Δεδομένα: θ=10^o g=9,807m/s^2 Τύπος υπολογισμού: $s = \frac{5}{14}g\eta\mu\theta t^2$

1η χρονική μονάδα ▹ 1 μονάδα μήκους
2η χρονική μονάδα ▹ 3 μονάδες μήκους ▹ συνολική διαδρομή: 4 μονάδες μήκους
3η χρονική μονάδα ▹ 5 μονάδες μήκους ▹ συνολική διαδρομή: 9 μονάδες μήκους
4η χρονική μονάδα ▹ 7 μονάδες μήκους ▹ συνολική διαδρομή: 16 μονάδες μήκους
5η χρονική μονάδα ▹ 9 μονάδες μήκους ▹ συνολική διαδρομή: 25 μονάδες μήκους
κ.ο.κ.



Για να βρεις τη συνολική διαδρομή απλά αθροίζεις τα κουτάκια.

Ο ισχυρισμός ότι «οι αποστάσεις που διανύει ένα σώμα όταν κινείται με φυσική κίνηση είναι ανάλογες με τα τετράγωνα των χρόνων και, κατά συνέπεια, οι αποστάσεις που διανύονται σε ίσους χρόνους βαίνουν όπως οι περιττοί αριθμοί, αρχίζοντας από τη μονάδα», θεωρητικά (Α Λυκείου και Γ Λυκείου) αποδεικνύεται σωστός. Επίσης μια βαρύτερη θα φθάνει συγχρόνως με μια ελαφρύτερη σφαίρα στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (ΜΕ ΤΡΙΒΗ ΚΥΛΙΣΗΣ)

t(sec)	s(m)	Δs(m)	n (περιττός)	n x Δs_1	t^2	x 0,540
0	0.000					
1	0.540	0.540	1	**0.540**	1	0.540
2	2.161	1.621	3	1.621	4	2.161
3	4.862	2.701	5	2.701	9	4.862
4	8.644	3.782	7	3.782	16	8.644
5	13.507	4.862	9	4.862	25	13.507

Η αναλογία με το τετράγωνο του χρόνου εξακολουθεί να είναι θεωρητικά σωστή και γι' αυτή την περίπτωση.

Δεδομένα: R=1in=2,54cm, θ=10^o K: συντελεστής τριβής κύλισης 0,05cm

g=9,807m/s^2

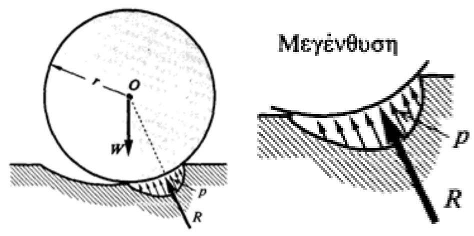
ΕΙΚΟΝΙΚΟΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (ΜΕ ΤΡΙΒΗ ΚΥΛΙΣΗΣ)

L=12 braccia=12 x 58,4cm=700,8cm d=1 in =2,54cm Συντελεστής τριβής κύλισης: 0,05cm

	ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ				ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ		
	S(m)	t(s)	V(cm^3)	(V4/Vn)^2	L/S	V(cm^3)	(V1/Vn)^2
1	L/4	3.368	168.394	4.00	4	170	4.00
2	L/2	4.763	238.146	2.00	2	240	2.01
3	3L/4	5.833	291.668	1.33	1.33=4/3	290	1.37
4	L	6.736	336.789	1.00	1	340	1.00

Συμπέρασμα: Η υπόθεση ότι τα διαστήματα είναι ανάλογα των τετραγώνων των χρόνων θα μπορούσε να επαληθευτεί.

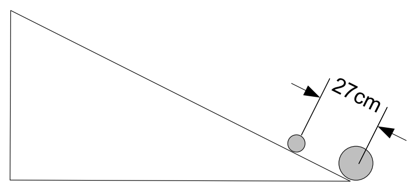


Αν άφηνα από τη κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου σφαίρα διαμέτρου 3 in Τότε:

ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ			ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ					
S(m)	t(s)	V(cm^3)	d(in)	V(cm^3)	t(s)	Δt	ΔV	Δs(cm)
L	5.337	266.832	3	265	5.3			
L	6.736	336.789	1	335	6.7	1.4	70	27

Συντελεστής τριβής κύλισης: 0,05cm και για τις δύο σφαίρες.

Οι δύο σφαίρες δεν θα έφθαναν ταυτόχρονα, πρώτα θα έφθανε η βαρύτερη. Όταν η μεγάλη έφθανε στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου η μικρή θα βρισκόταν 27cm ψηλότερα. Όλα αυτά εφόσον οι μετρήσεις ήταν ιδανικές.



Χρησιμοποιώντας διαφορετικούς συντελεστές τριβής κύλισης πάντα θα βρίσκω μια αξιοσημείωτη διαφορά, 70 και πλέον γραμμάρια νερού δεν μπορεί να πέρασαν απαρατήρητα από τον οξυδερκή Γαλιλαίο. Ίσως γι' αυτό ο ίδιος δεν αναφέρει ότι τα πειράματα σε κεκλιμένο επίπεδο οδήγησαν στο νόμο της ελεύθερης πτώσης. Αυτό έγινε από τους μετέπειτα ιστορικούς.

Πιθανά συμπεράσματα εργασίας

- Ο νόμος του τετραγώνου που βρίσκουμε στις σχέσεις της λυκειακής φυσικής, δηλ $h = \frac{1}{2}gt^2$ ή $\Delta x = \frac{1}{2}at^2$ μπορούσε να αποδειχθεί και πειραματικά από το Γαλιλαίο με το κεκλιμένο επίπεδο.

- Η θεμελιώδης αρχή που δεχόταν ο Γαλιλαίος ήταν λάθος και δεν μπορούσε να οδηγήσει στο νόμο των τεραγώνων. Στη συνέχεια ο Γαλιλαίος διόρθωσε την θεμελιώδη αρχή και παραδέχτηκε ότι « η ταχύτητα είναι ανάλογη του χρόνου κίνησης».

- Ο νόμος της ελεύθερης πτώσης δεν μπορούσε να αποδειχτεί πειραματικά την εποχή του Γαλιλαίου αλλά μπορούσε να προκύψει από νοητικό πείραμα.

? Είναι δυνατό να είσαι καθηγητής Παν/μίου να έχεις λάθος στη θεμελιώδη αρχή και να προκύπτουν αληθή συμπεράσματα;

Σχολιάστε το παραπάνω ερώτημα.

? Είναι δυνατόν σήμερα δεκάδες καθηγητές των οικονομικών να προσπαθούν να πείσουν τους λαούς πως «για να μην πτωχεύσουν (χρεοκοπήσουν) οι χώρες τους είναι αναγκαίο να φτωχύνουν οι πολίτες»;

Μη σχολιάζετε το παραπάνω ερώτημα, απλά να το σκεφτείτε.