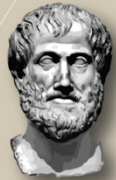
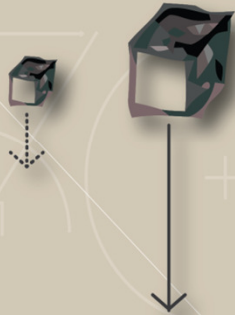


Κατακόρυφη κίνηση
σωμάτων
σε διαφορετικά
περιβάλλοντα

ARISTOTLE vs GALILEO



384 - 322 B.C.



[1]



Ν. Νεφάντζης, ΦΥΣΙΚΟΣ ΠΕ04.01
στην Εθνική Αρχή & Εκπαίδευση
Σχολ. Έτος 2013-2014

<http://4myfiles.wordpress.com/>
ελεύθερη διάθεση με άδεια Creative Commons - 2014



[2]



1564 - 1642 A.C.

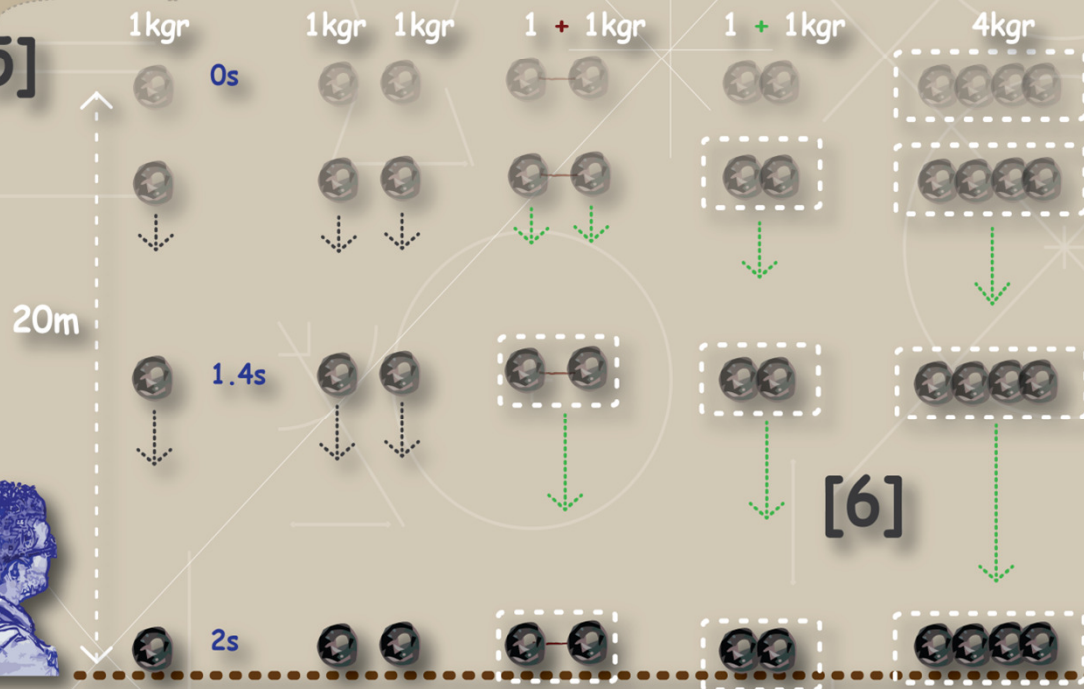


[3]



[4]

[5]



[6]



Το φαινόμενο “πτώση σώματος στον αέρα”,
δεν είναι και τόσο απλό όσο πιστεύουμε.

Η απάντηση στο ερώτημα:

**“Τελικά, ποια σώματα πέφτουν πιο
γρήγορα; Τα βαρύτερα ή τα ελαφρύτερα;”**
είναι:

**“Δεν υπάρχει νόμος με βάση του οποίου να
μπορούμε να προβλέψουμε τι θα συμβεί
κατά την πτώση δύο οποιωνδήποτε
αντικειμένων στον αέρα”.**

Όλα τα σώματα καθώς πέφτουν
από ένα ορισμένο ύψος στο κενό
δέχονται την επίδραση
του βαρυτικού πεδίου
και φτάνουν συγχρόνως στο έδαφος.

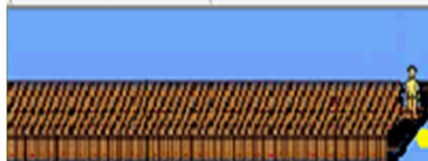
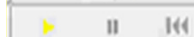
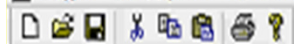
Για τα σώματα που πέφτουν
από ορισμένο ύψος στον αέρα,
ο χρόνος πτώσης τους επηρεάζεται
από την αντίσταση του αέρα
και εξαρτάται από το σχήμα
και την πυκνότητα του σώματος.

Προσομοιώσεις
κατακόρυφης κίνησης σώματος
με τη βοήθεια του
Interactive Physics

Ελεύθερη πτώση

$$v = g \cdot t \qquad y = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$



Εκτέλεση

Βαρύτητα...

Αντίσταση του αέρα...

Επισταθμίσεις/Έναρξη από εδώ

Βήμα προς τα εμπρός

Χρόνος

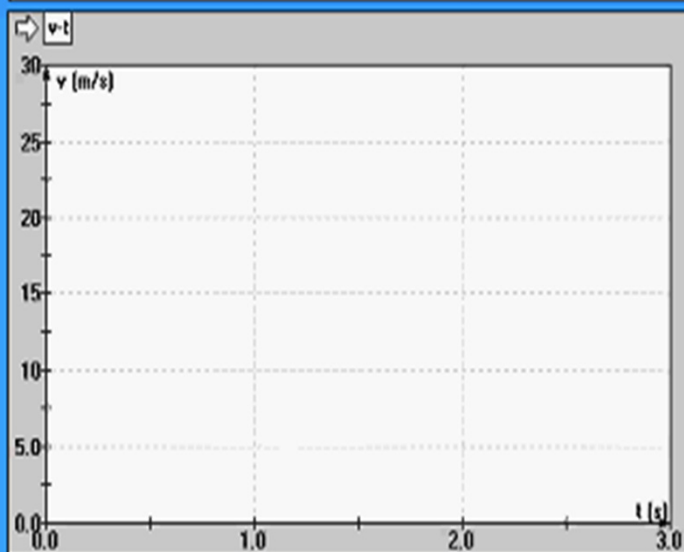
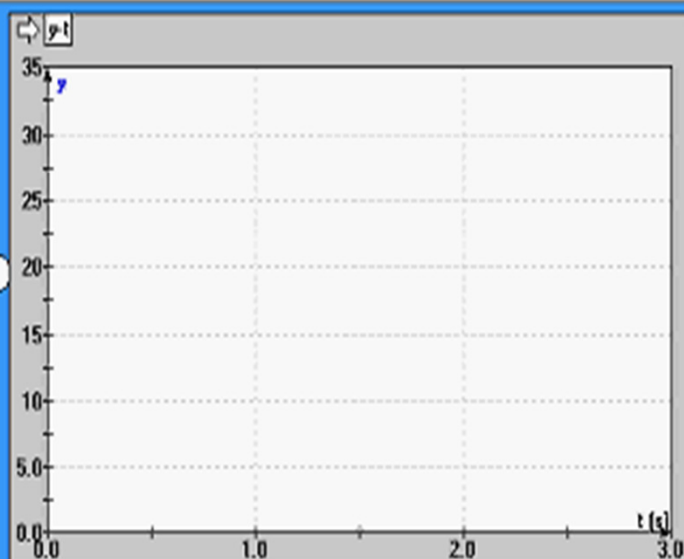
t --- s

Θέση y

y --- m

Ταχύτητα v

v --- m/s



Πτώση με επίδραση της αντίστασης του αέρα

$$F_D = -bv^2$$

Σε μια ρεαλιστική πτώση σώματος
(κίνηση στον αέρα ή σε κάποιο υγρό),
λαμβάνοντας υπ' όψη και την επίδραση
της άνωσης A και της αντίστασης ή τριβής F_D ,
ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα
παίρνει τη μορφή:

$$W - A - F_D = ma$$

Στα σώματα που θα μελετήσουμε την κίνησή τους, η άνωση θεωρείται αμελητέα. Ακόμα όμως και με δύο δυνάμεις μόνο (W και F_D), στη γενική περίπτωση, οι εξισώσεις κίνησης γίνονται πολύπλοκες, εκτός αν γίνουν κάποιες παραδοχές.

Μια τέτοια παραδοχή είναι
η αντίσταση του αέρα
να παρουσιάζει γραμμική
ή παραβολική συμπεριφορά
με την ταχύτητα του σώματος.

Οι δύο αυτές περιπτώσεις,
έχουν φυσική σημασία και είναι αυτές
που μπορούμε να συναντήσουμε
σε μια ρεαλιστική πτώση.

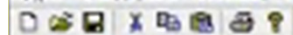
Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι στην ελεύθερη πτώση η ταχύτητα είναι ανάλογη με το χρόνο, ενώ σε μια ρεαλιστική πτώση, τα σώματα αρχικά κάνουν μια κίνηση που μοιάζει με ελεύθερη πτώση, αλλά σύντομα η ταχύτητα παύει να αυξάνεται ανάλογα με το χρόνο και τείνει σε μια σταθερή τιμή, δηλαδή μια οριακή ταχύτητα.

$$\Sigma F = ma \rightarrow mg - bv^2 = ma$$

Όταν $v = v_{ορ}$, τότε: $\Sigma F = 0$ και $a = 0$

οπότε:

$$v_{ορ} = \sqrt{\frac{mg}{b}}$$



3. ΠΤΩΣΗ ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΕΡΑ ΙΡ



Εκτέλεση

Βαρύτητα...

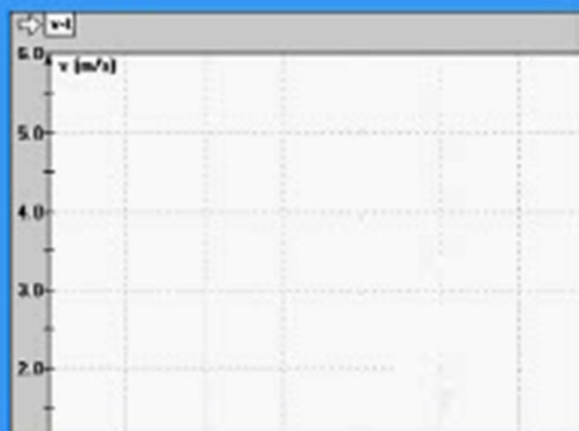
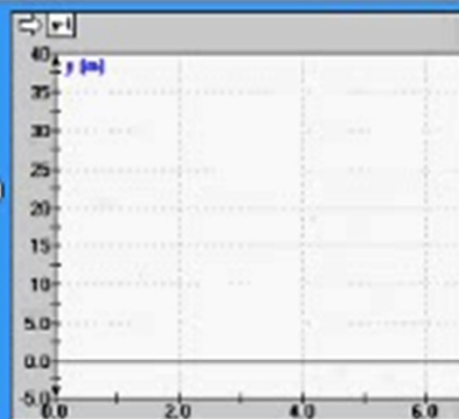
Αντίσταση του αέρα...

Επιταχύνσεις/Έναρξη από εδώ

Θέμα προς τα εμπρός

 Χρόνος:
 1 ... s

 Θέση y:
 7 ...

 Ταχύτητα v:
 v ... m/s


$$m=2\text{Kg}, \quad g=9.81\text{m/s}^2, \quad v_{o\rho} = 4.95\text{m/s}$$

$$v_{o\rho} = \sqrt{\frac{mg}{b}} \rightarrow b = \frac{mg}{v_{o\rho}^2} \rightarrow$$

$$b = \frac{2 \times 9.81}{4.95^2} \rightarrow$$



$b=0.8 \text{ kg/m}$
damping constant

**Μελέτη πτώσης σώματος
στον αέρα με τη βοήθεια
του λογισμικού
ανάλυσης video Tracker**



Tracker

Αρχείο Επεξεργασία Βίντεο Τροχιές Σύστημα Συντεταγμένων Παράθυρο Βοήθεια

Δημιουργία 25% 0¹/₂

Σώμα A m 1,000 Διαθέσιμη ώρα: έκδοση 4.87 Μνήμη σε χρήση: 64MB από 247MB

Πίνακας Ελέγχ...
 Σώμα A

Γραφικές παραστάσεις Σώμα A

Σώμα A (t, y)

300,0

0,05 0,10 0,15 0,20 0,25 0,30 0,35 0,40 0,45 0,50 0,55 0,60 0,65 0,70

Πίνακας Σώμα A

t	y
0,033	311,691
0,067	307,981
0,1	305,861
0,133	299,501
0,167	291,551
0,2	284,131
0,233	275,651
0,266	262,93
0,3	253,39
0,333	239,61
0,366	227,42
0,4	211,52
0,433	195,09
0,466	179,19
0,5	160,64
0,533	143,15
0,566	121,95
0,6	100,75
0,633	80,56
0,666	54,756
0,7	32,728
0,733	6,294

αθορίστε τη μάζα στη γραμμή εργαλείων, πρίστε Shift-κλικ για να μαρκάρετε εκ νέου την επιλεγμένη θέση)

091 100%

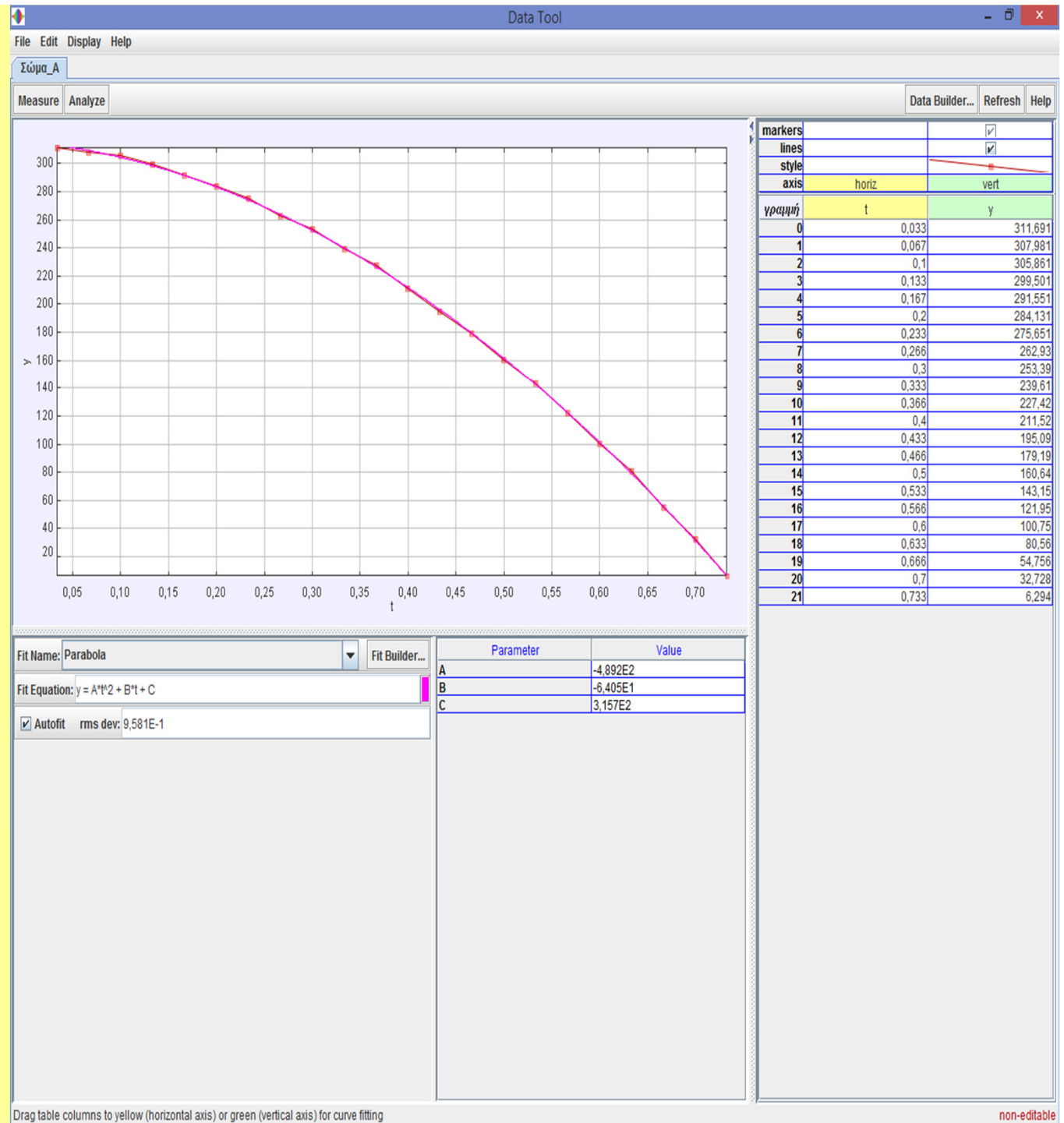
20150129_124027.trk

$$y = \frac{1}{2}gt^2$$

$$A=4.892 = \frac{1}{2}g$$



$$g = 9.784 \text{ m/s}^2$$

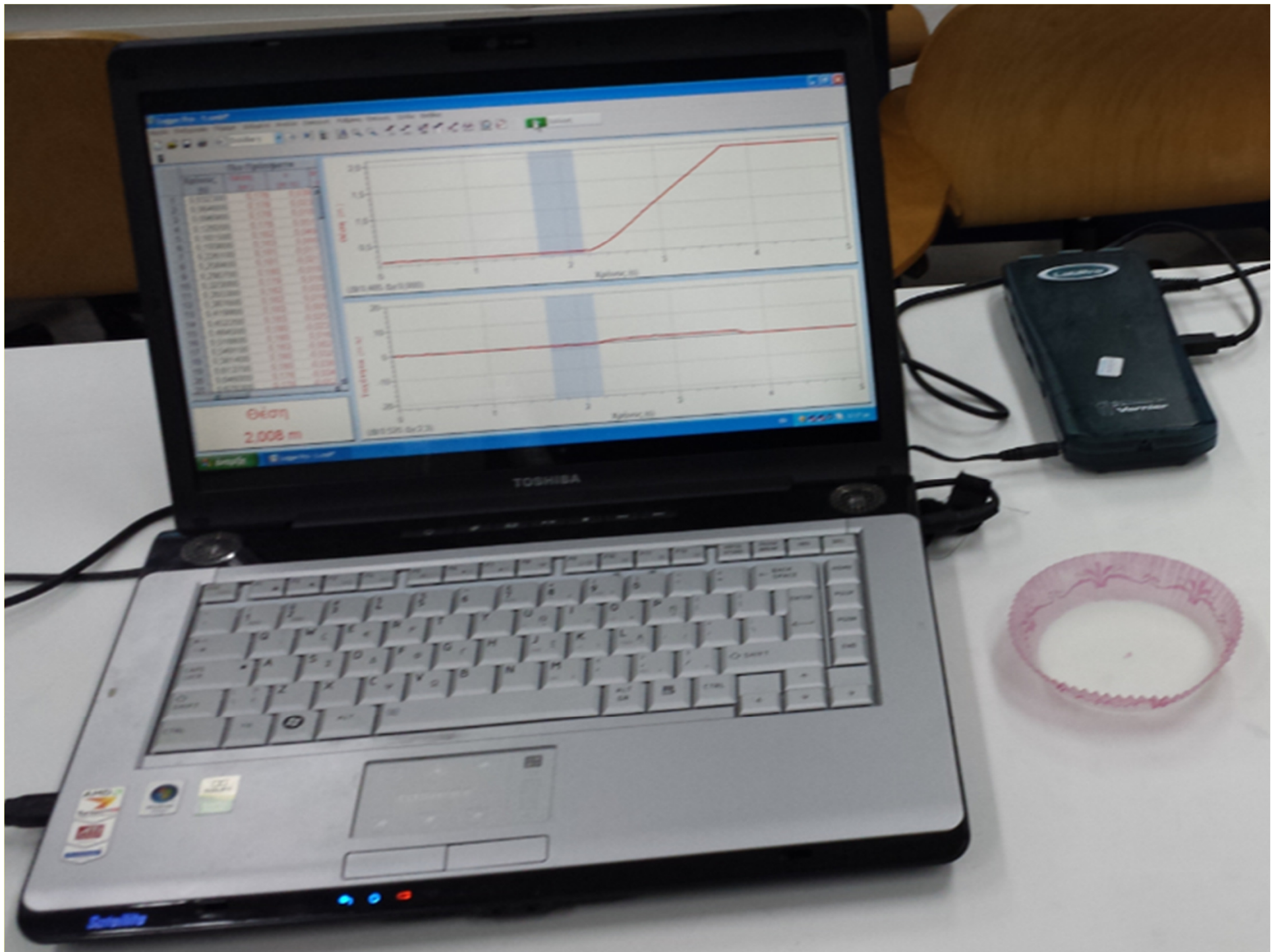


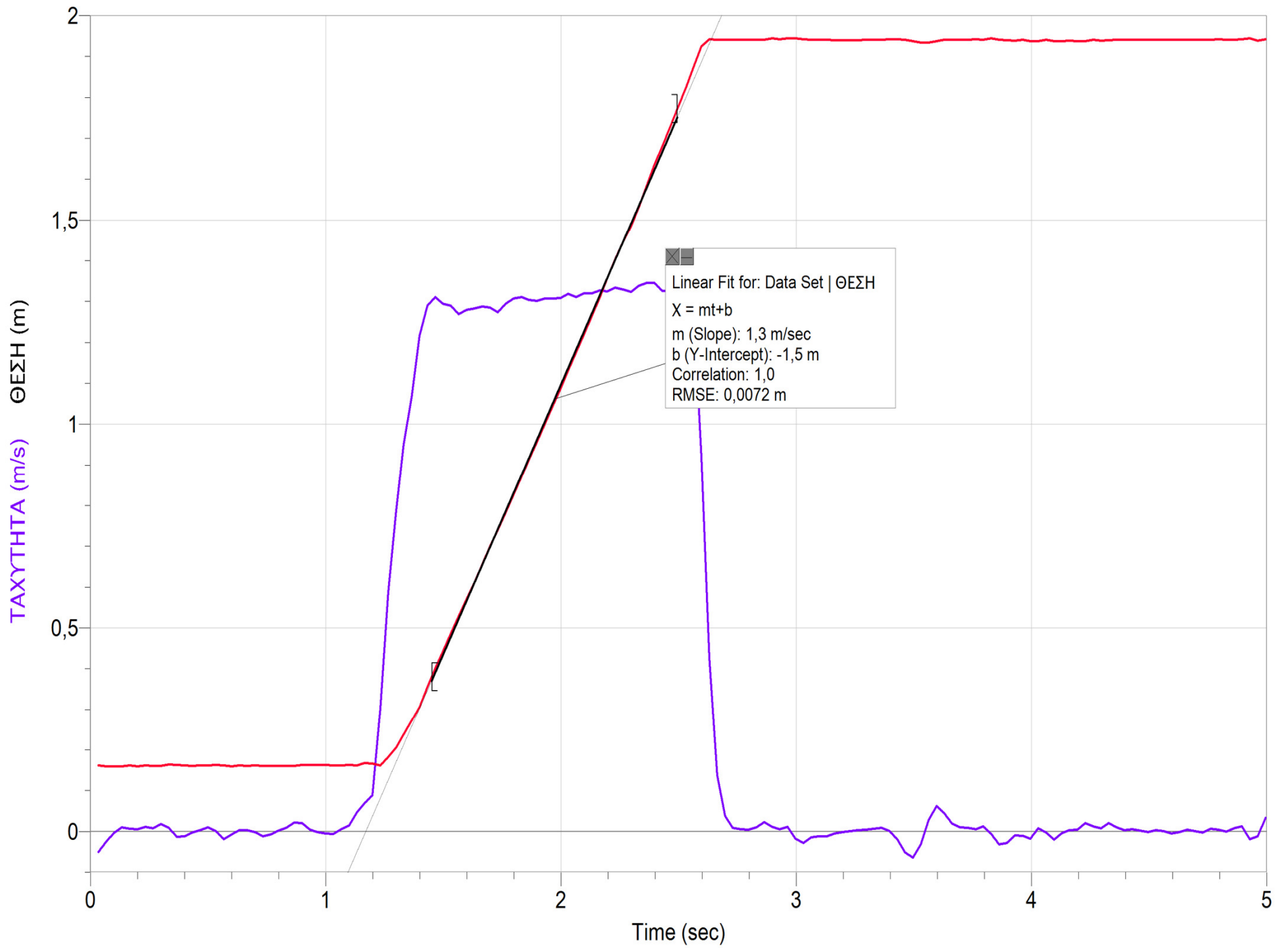
Drag table columns to yellow (horizontal axis) or green (vertical axis) for curve fitting

non-editable

**Μελέτη πτώσης σώματος
στον αέρα
με τη βοήθεια του λογισμικού
συλλογής και ανάλυσης δεδομένων
Logger Pro 3.8.2**







$$m=0.6\text{g}, \quad g=9.81\text{m/s}^2, \quad v_{o\rho} = 1.3\text{m/s}$$

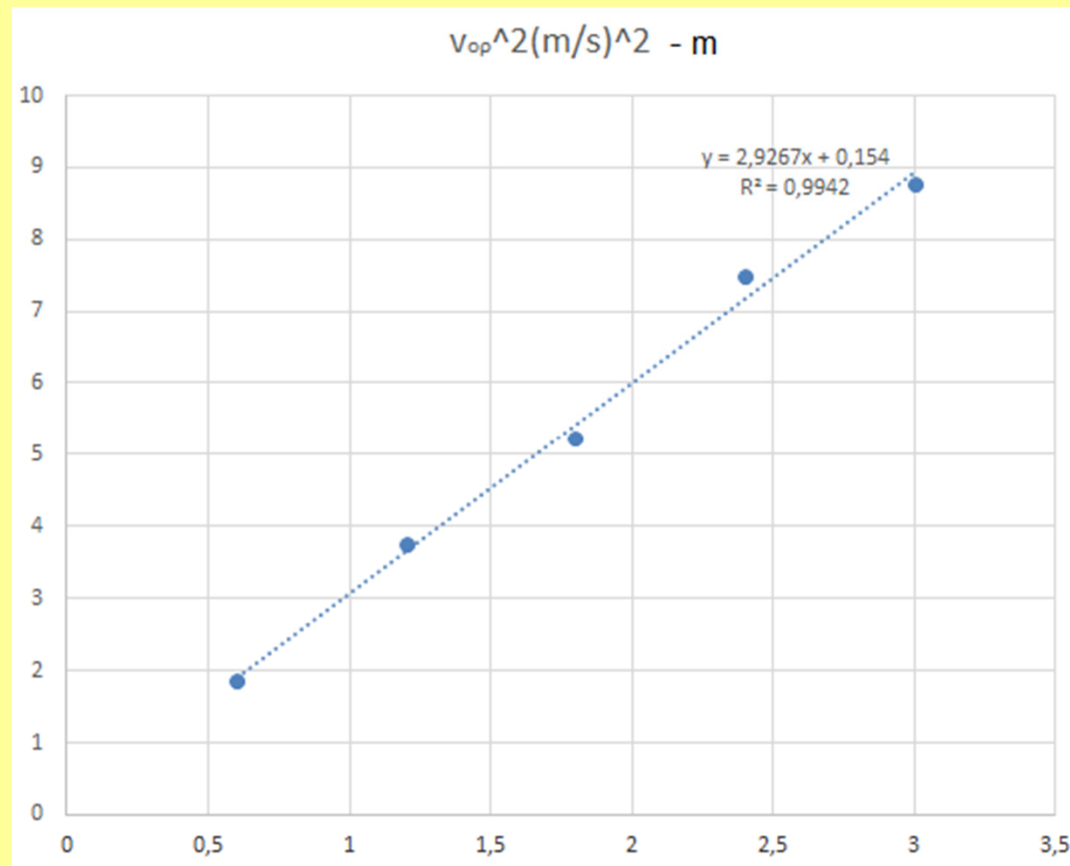
$$v_{o\rho} = \sqrt{\frac{mg}{b}} \rightarrow b = \frac{mg}{v_{o\rho}^2} \rightarrow$$

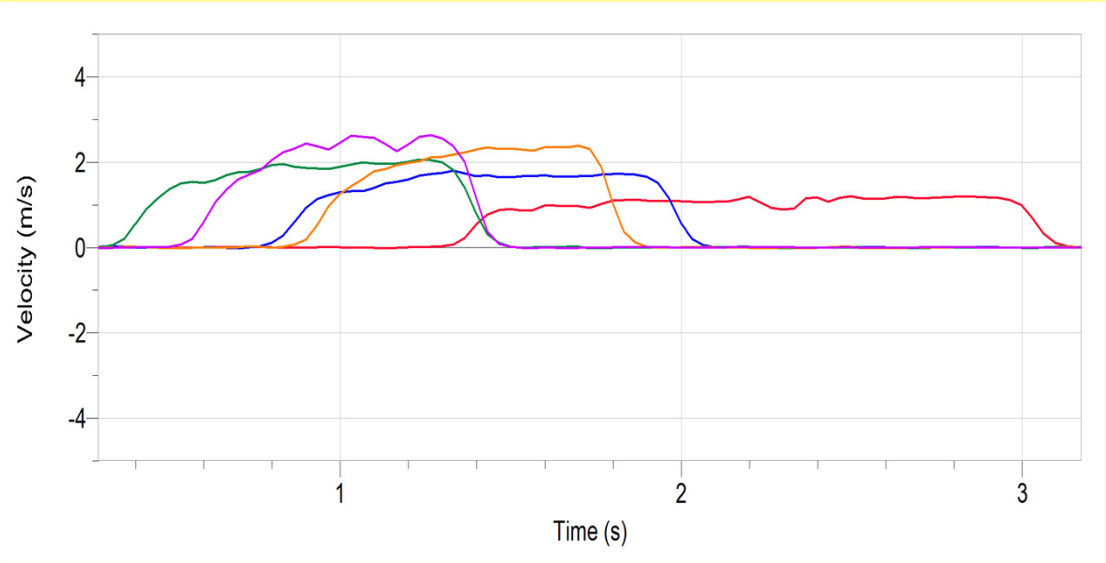
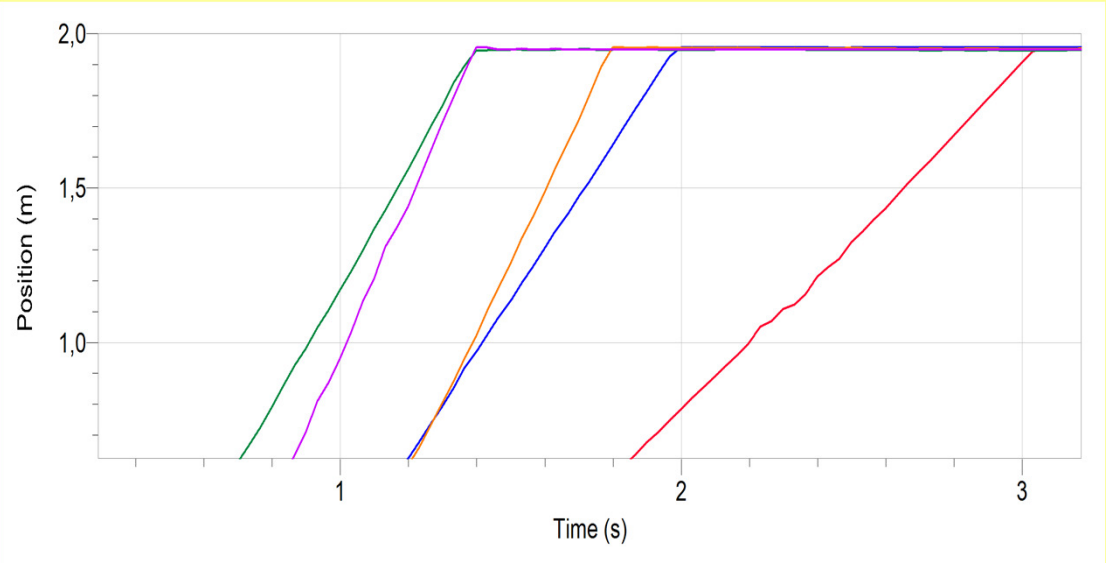
$$b = \frac{0.6 \times 10^{-3} \times 9.81}{1.3^2}$$



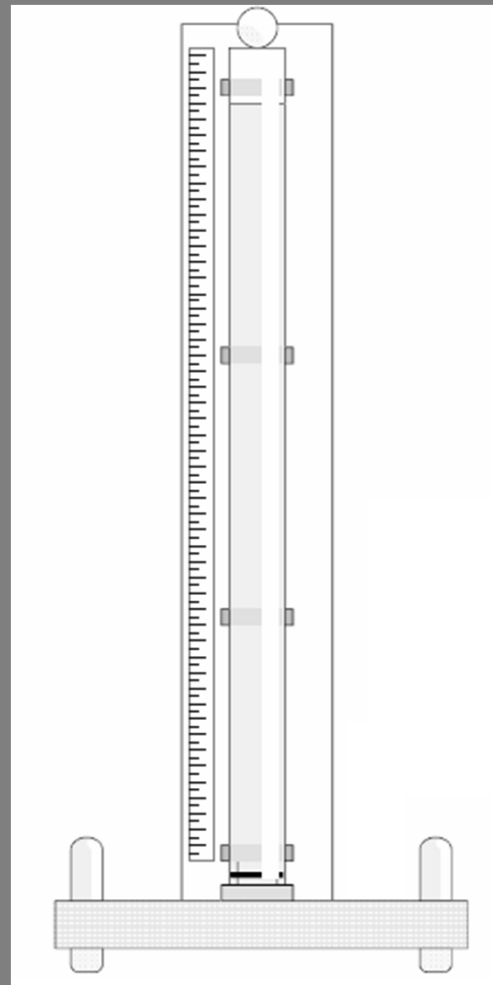
$$b=3.5 \times 10^{-3} \text{kg/m}$$

m (g)	V _{op} (m/s)	V _{op} ² (m/s) ²
0,6	1,36	1,85
1,2	1,94	3,76
1,8	2,29	5,24
2,4	2,74	7,5
3	2,96	8,76



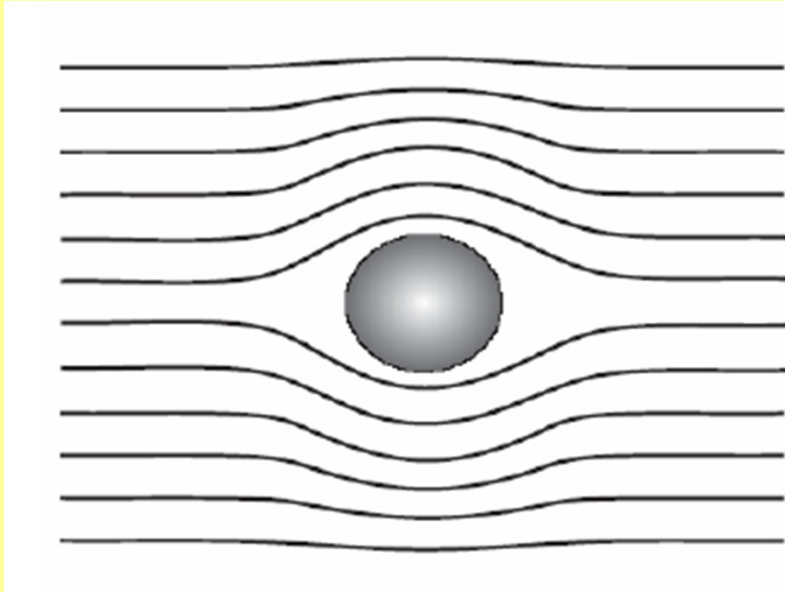


Κατακόρυφη κίνηση σωμάτων σε υγρά

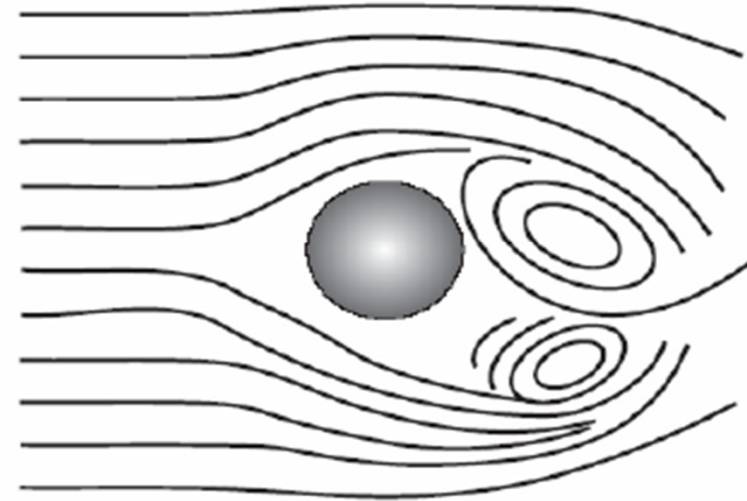


Στο πείραμά μας εφαρμόζουμε
τη μέθοδο πτώσης
μικρών σφαιρών.
Αφήνουμε να πέσει στην
επιφάνεια του υγρού,
χωρίς αρχική ταχύτητα,
μια σφαίρα, η οποία αρχικά
και μετά την είσοδό της στο υγρό,
κινείται επιταχυνόμενη.

Θεωρώντας την ροή του υγρού γύρω
από τη σφαίρα *στρωτή*,
ισχύει ο *νόμος του Stokes*,
σύμφωνα με τον οποίο, για σχετικά
μικρές ταχύτητες,
η δύναμη της τριβής F_D ,
που δυσχεραίνει
την κίνηση του σώματος,
είναι ανάλογη
της ταχύτητας κίνησης v .



**Στρωτή ροή, κατά την οποία
το ρευστό περιβάλλει
και ρέει συμμετρικά
γύρω από τη σφαίρα.
Τα μεμονωμένα στρώματα
του ρευστού γλιστρούν
το ένα ως προς το άλλο
χωρίς να αναμειγνύονται
μεταξύ τους.**



**Τυρβώδης ροή
σε μεγάλες ταχύτητες.
Εξαιτίας του σχηματισμού
στροβιλισμών το ρευστό
αναμειγνύεται.**

Με την πτωτική κίνηση,
αυξάνεται η ταχύτητα
και στον ίδιο βαθμό αυξάνεται
και η τριβή,
με αποτέλεσμα αυτή να αποκτά
μια τιμή
ίση με το βάρος του σώματος.

Η δύναμη της τριβής αντισταθμίζει
πλήρως τη βαρυτική δύναμη
και το σώμα λόγω μηδενικής
συνισταμένης δύναμης
εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.
Η ταχύτητα που αποκτά το σώμα
στην περίπτωση αυτή είναι
η οριακή ταχύτητα
που είναι χαρακτηριστική
τόσο για το σώμα
όσο και για το ρευστό.

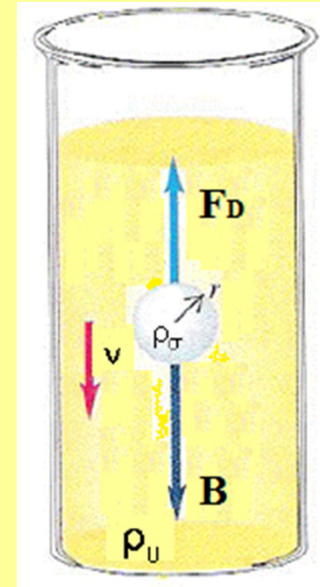
Δύναμη αντίστασης υγρού: $F_D = -bv$

$$\Sigma F = ma \rightarrow mg - bv = ma$$

Όταν $v = v_{ορ}$, τότε:

$$\Sigma F = 0 \text{ και } \alpha = 0$$

$$\text{οπότε: } v_{ορ} = \frac{mg}{b}$$



Interactive Physics - 4. ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΥΓΡΟ.ΙΡ

Αρχείο Επεξεργασία Μικρόκοσμος Θέση Αντικείμενο Ορισμός Μέτρηση Προγραμματισμός Παράθυρο Βοήθεια

4. ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΥΓΡΟ.ΙΡ

v-t

v (cm/s)

110

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0.0

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6

t (s)

Χρόνος

t ... s

Ταχύτητα (cm/s)

v ... cm/s

Θέση (cm)

y ...

Εκτέλεση

Βορότητα...

Επιστολή/Εισαγωγή από εδώ

Αντίσταση υγρού

$$m=0.01\text{Kg}, \quad g=9.81\text{m/s}^2, \quad v_{o\rho} = 0.98\text{m/s}$$

$$v_{o\rho} = \frac{mg}{b} \rightarrow b = \frac{mg}{v_{o\rho}} \rightarrow$$

$$b = \frac{0.01 \times 9.81}{0.98}$$



$$b = 0.1 \text{ kg/m}$$

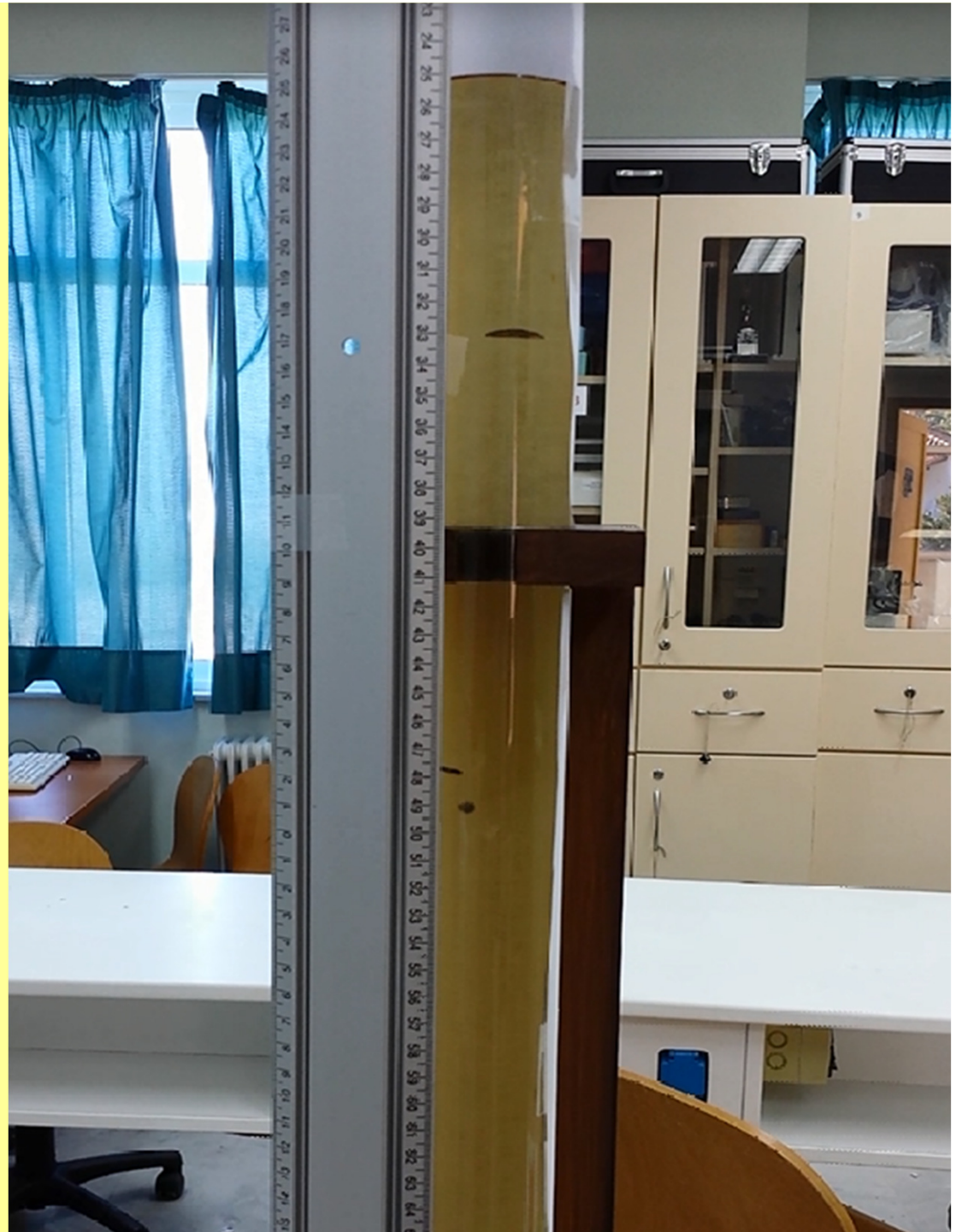
Κίνηση σφαιριδίου σε παραφινέλαιο

Μέτρηση οριακής ταχύτητας

Απόσταση διανυθέντος
διαστήματος: $S=44\text{cm}$

t (s)	
9.79	$\bar{t} = 9.93\text{s}$
9.88	
9.94	
10.05	
9.98	

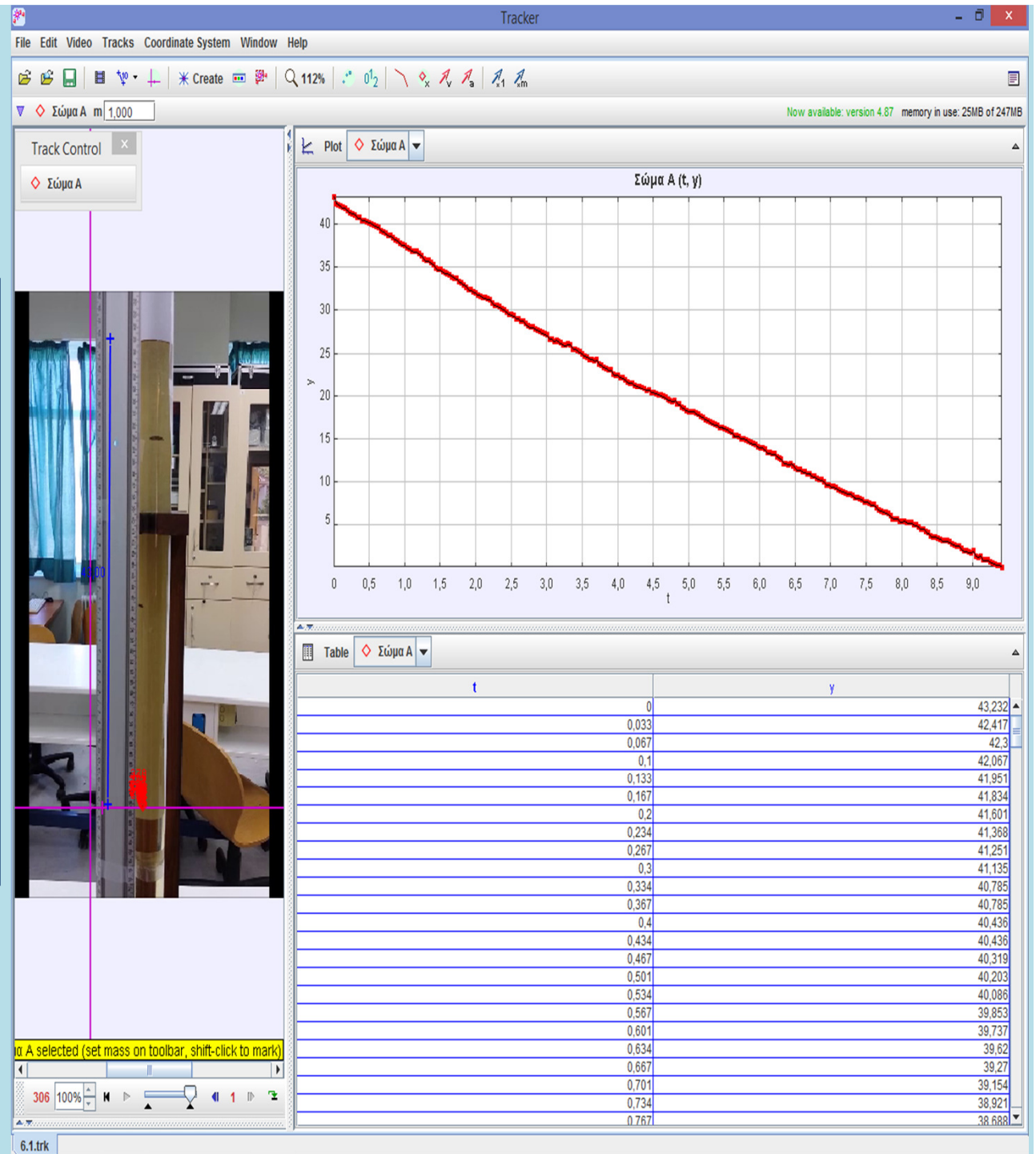
$$v_{op} = \frac{S}{\bar{t}} = \frac{44}{9.93} = 4.43\text{cm/s}$$



Μάζα σφαιριδίου: $m=0.26\text{g}$

Διάμετρος: $D=3.85\text{mm}$

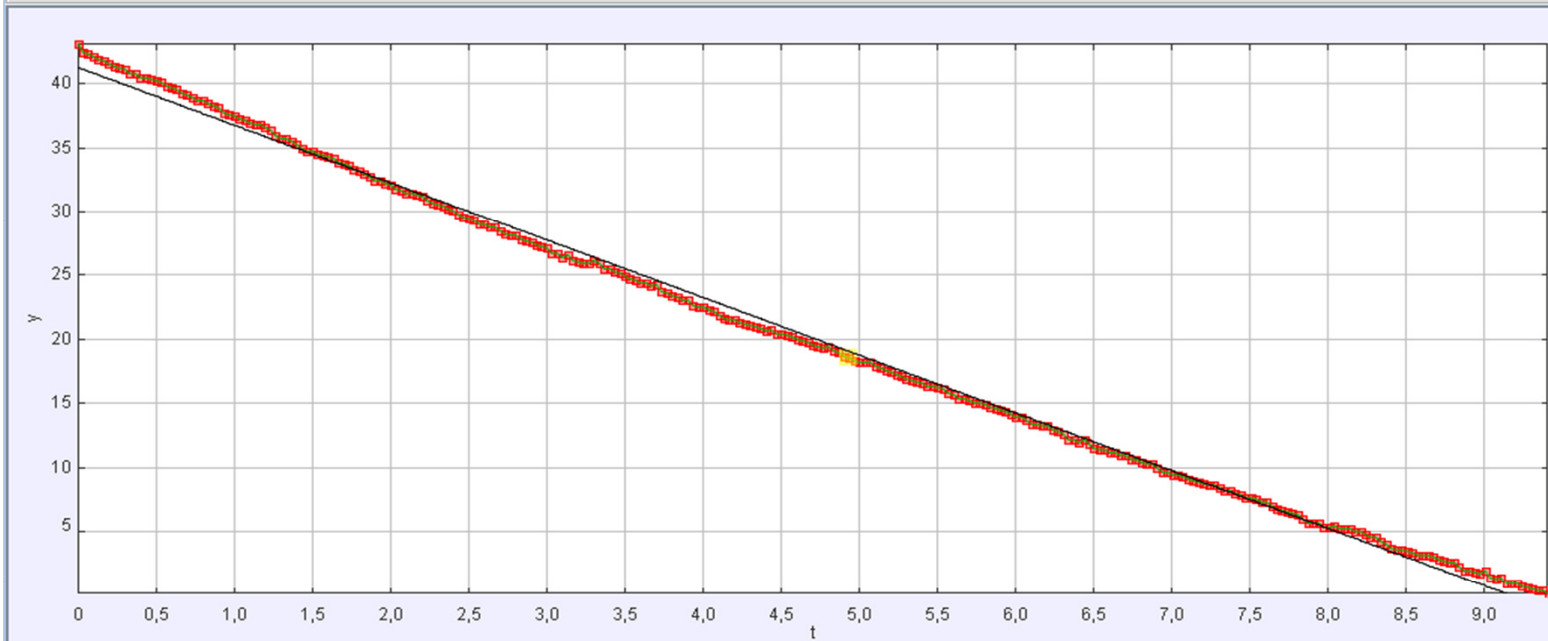
Πυκνότητα παραφινέλαιου:
 $d = 800\text{Kg}/\text{m}^3$



Σώμα_A

Plot Fit Statistics Coordinates Slope Area

Data Builder... Refresh Help



max	4,938...	1,853...	7,225...
min	4,938...	1,853...	7,225...
mean	4,938...	1,853...	7,225...
sd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
se	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n	1	1	1
markers	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
lines	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
style			
axis	horiz	vert	vert
row	t	y	x
0	0	43,164	6,964
1	0,033	42,417	6,875
2	0,067	42,3	6,875
3	0,1	42,067	7,108
4	0,133	41,951	6,875
5	0,167	41,834	6,875
6	0,2	41,601	6,992
7	0,234	41,368	6,992
8	0,267	41,251	6,759
9	0,3	41,135	6,875
10	0,334	40,785	6,875
11	0,367	40,785	6,875
12	0,4	40,436	6,992
13	0,434	40,436	6,875
14	0,467	40,319	6,875
15	0,501	40,203	6,992
16	0,534	40,086	6,992
17	0,567	39,853	6,992
18	0,601	39,737	6,992
19	0,634	39,62	6,992
20	0,667	39,27	6,992
21	0,701	39,154	6,992
22	0,734	38,921	6,992
23	0,767	38,688	7,108
24	0,801	38,688	7,108
25	0,834	38,455	7,108
26	0,868	38,222	6,875
27	0,901	38,105	6,992
28	0,934	37,756	7,108
29	0,968	37,639	7,108
30	1,001	37,522	7,108
31	1,034	37,289	7,108
32	1,068	37,173	7,108
33	1,101	36,94	7,225
34	1,134	36,823	7,225
35	1,168	36,823	7,225
36	1,201	36,59	7,225
37	1,235	36,357	7,341
38	1,268	36,008	7,341
39	1,301	35,775	7,341
40	1,335	35,775	7,341
41	1,368	35,541	7,341
42	1,401	35,308	7,341
43	1,435	34,959	7,458

Fit Name: Line Fit Builder...

Fit Equation: $y = a \cdot t + b$

Autofit rms dev: 5,260E-1

Parameter	Value
a	-4,502
b	41,284

$$m=0.26\text{g}, \quad g=9.81\text{m/s}^2, \quad v_{o\rho} = 4.5\text{cm/s}$$

$$v_{o\rho} = \frac{mg}{b} \rightarrow b = \frac{mg}{v_{o\rho}} \rightarrow$$

$$b = \frac{0.26 \times 10^{-3} \times 9.81}{4.5 \times 10^{-2}}$$



$$b=5.7 \times 10^{-2} \text{kg/m}$$

Κίνηση σφαιριδίου σε νερό

Tracker

Αρχείο Επεξεργασία Βίντεο Τροχιές Σύστημα Συντεταγμένων Παράθυρο Βοήθεια Κλείσιμο

Διαθέσιμη ώρα: έκδοση 4.87 Μνήμη σε χρήση: 76MB από 247MB

Σώμα A m 1,000

Πίνακας Ελέγχ...
 ◊ Σώμα A

Γραφικές παραστάσεις ◊ Σώμα A

Σώμα A (t, y)

t=0EO y=68,60

Πίνακας ◊ Σώμα A

y	t
68,602	0
66,95	0,033
64,428	0,067
61,994	0,1
59,646	0,133
56,863	0,167
53,994	0,2
50,69	0,233
47,298	0,266
43,559	0,3
38,951	0,333
32,951	0,366
26,255	0,4
18,951	0,433
9,473	0,466
0,43	0,5

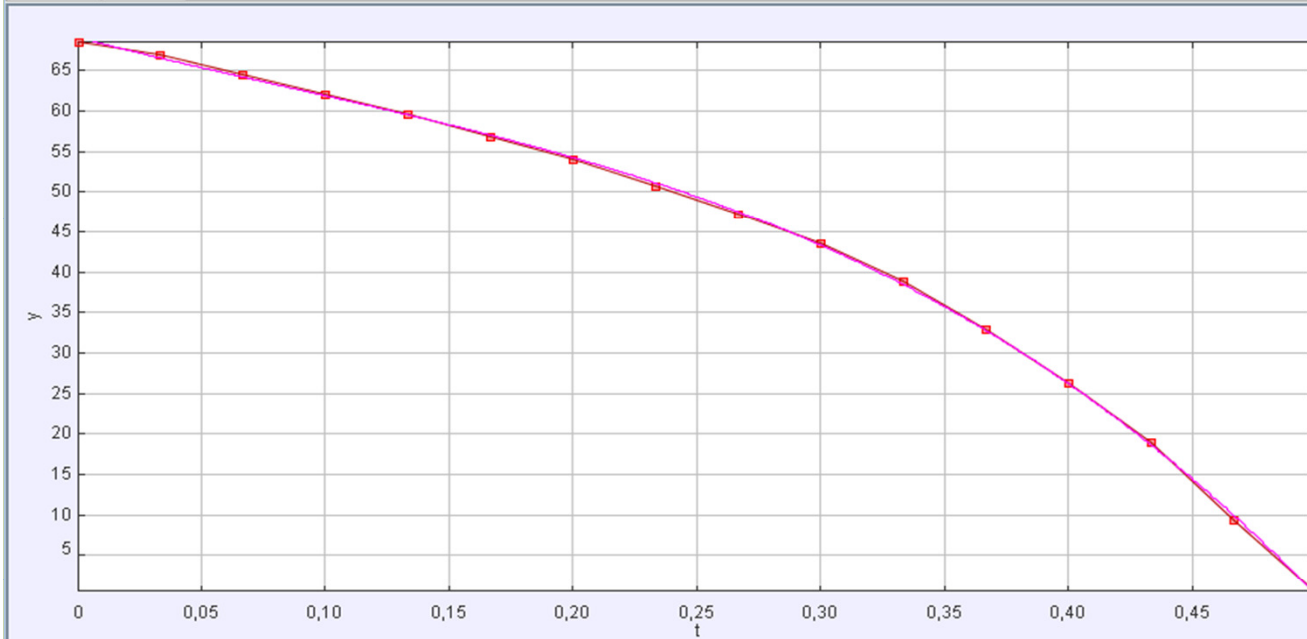
023 100%

Κίνηση σφαιριδίου σε νερό.trk

Σώμα_A

Measure Analyze

Data Builder... Refresh Help



markers	<input checked="" type="checkbox"/>
lines	<input checked="" type="checkbox"/>
style	—
axis	horiz vert
γραμμή	t y
0	0 68,602
1	0,033 66,95
2	0,067 64,428
3	0,1 61,994
4	0,133 59,646
5	0,167 56,863
6	0,2 53,994
7	0,233 50,69
8	0,266 47,298
9	0,3 43,559
10	0,333 38,951
11	0,366 32,951
12	0,4 26,255
13	0,433 18,951
14	0,466 9,473
15	0,5 0,43

Fit Name: Cubic Fit Builder...

Fit Equation: $y = A*t^3 + B*t^2 + C*t + D$

Autofit rms dev: 3,118E-1

Parameter	Value
A	-4,779E2
B	1,217E2
C	-7,932E1
D	6,906E1

Το σφαιρίδιο
δεν προλαβαίνει να αποκτήσει
οριακή ταχύτητα

ΤΕΛΟΣ