



Μελέτη κίνησης φυσαλίδας αέρα σε σωλήνα με υγρό

Ευσταθίου Γ. Αγγελική, Μαθηματικός (Π.Λ.Π.Π.) aefstath@sch.gr

Σφαέλος Ε. Ιωάννης, Φυσικός (Π.Λ.Π.Π.) ioasfaelos@sch.gr

Φύπτας Γεώργιος, Φυσικός (Π.Λ.Π.Π.) georgefytas@gmail.com

Μέσω ενός εκπαιδευτικού προγράμματος
με μαθητές του Λυκείου,
μελετήθηκε η κίνηση
μιας φουσαλίδας αέρα μέσα σε σωλήνα
και διαπιστώσαμε ότι η ταχύτητά της
εξαρτάται από:

την κλίση του σωλήνα

το μέγεθος της φυσαλίδας

το είδος του υγρού

Σωλήνας περιέχει νερό
σε τόση ποσότητα
ώστε να δημιουργείται στο εσωτερικό του
μία φυσαλίδα.

Το πείραμα δείχνει ότι αν ο σωλήνας που πωματίζεται στα άκρα του, είναι σε κάποια κλίση, η φυσαλίδα μετακινείται προς το ανώτερο άκρο του όπου και τερματίζει. Η κίνηση που εκτελεί είναι ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με πολύ καλή προσέγγιση.

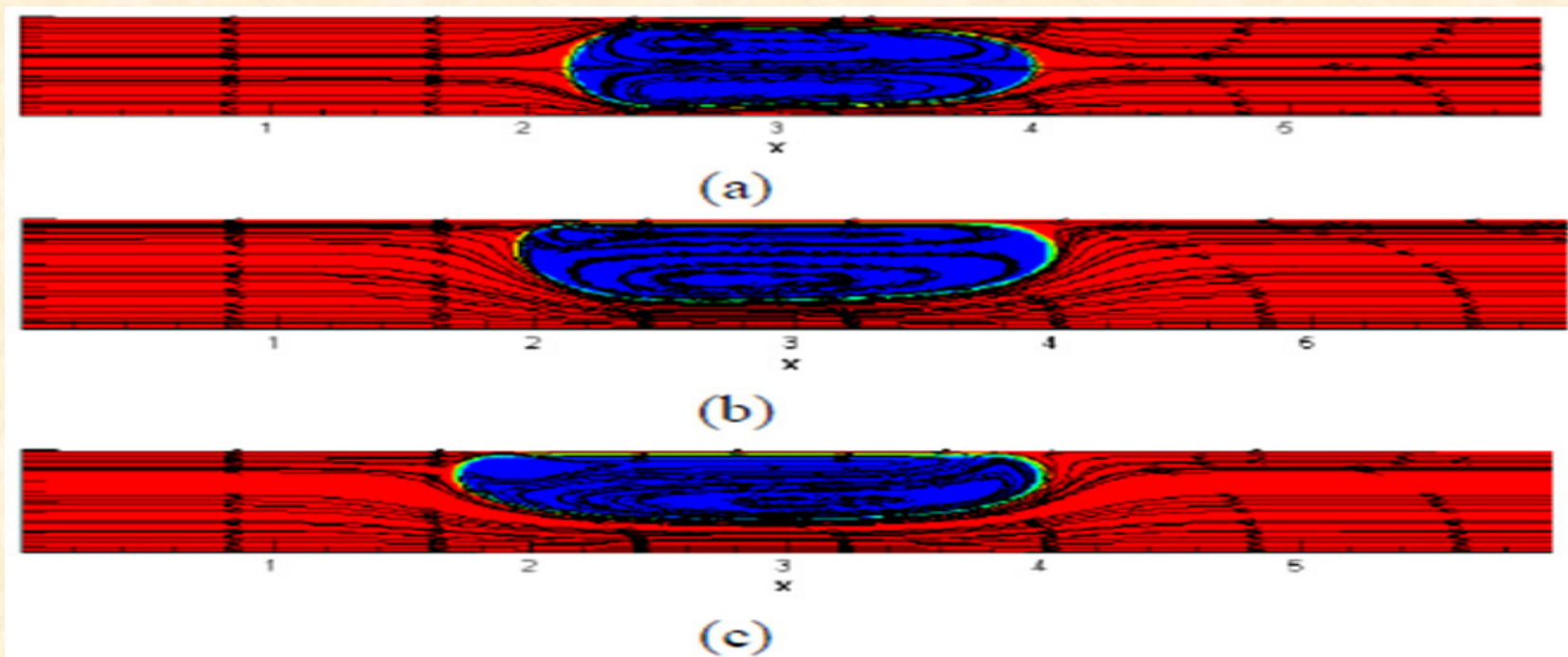
Αν η φυσαλίδα καταλάβανε
όλη τη διάμετρο του σωλήνα,
τότε θα έμενε ακίνητη,
εκτός αν υπάρχει μία πολύ λεπτή επιφάνεια
(στρώμα υγρού),
η οποία παρεμβάλλεται μεταξύ
των τοιχωμάτων του σωλήνα
και της φυσαλίδας.

Οι δυνάμεις που ασκούνται στη φυσαλίδα είναι
η άνωση και η τριβή με το σωλήνα
(ή η αντίσταση από το νερό αν η διάμετρος της φυσαλίδας
είναι μικρότερη από τη διάμετρο του σωλήνα).
Το βάρος της φυσαλίδας θεωρείται αμελητέο.

Αποδεικνύεται ότι αν το υγρό έχει μεγάλο ιξώδες, ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή της ανάπτυξης των δύο αυτών δυνάμεων μέχρι τη στιγμή που η φυσαλίδα αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα (οι δύο δυνάμεις γίνονται ίσες), είναι αμελητέος.

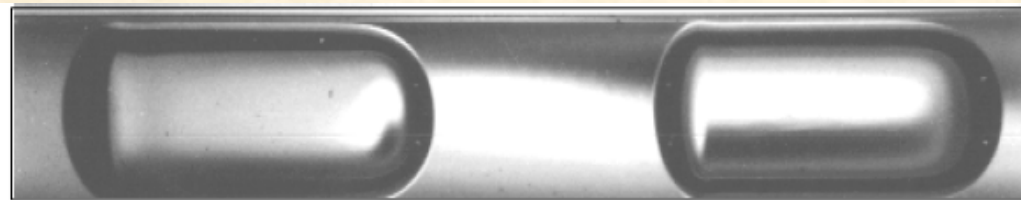
Από τη θεωρία προκύπτει ότι
οι μεγάλες φυσαλίδες κινούνται γρηγορότερα
και δεν είναι σφαιρικές
ενώ οι μικρές που είναι σφαιρικές
κινούνται αργότερα.

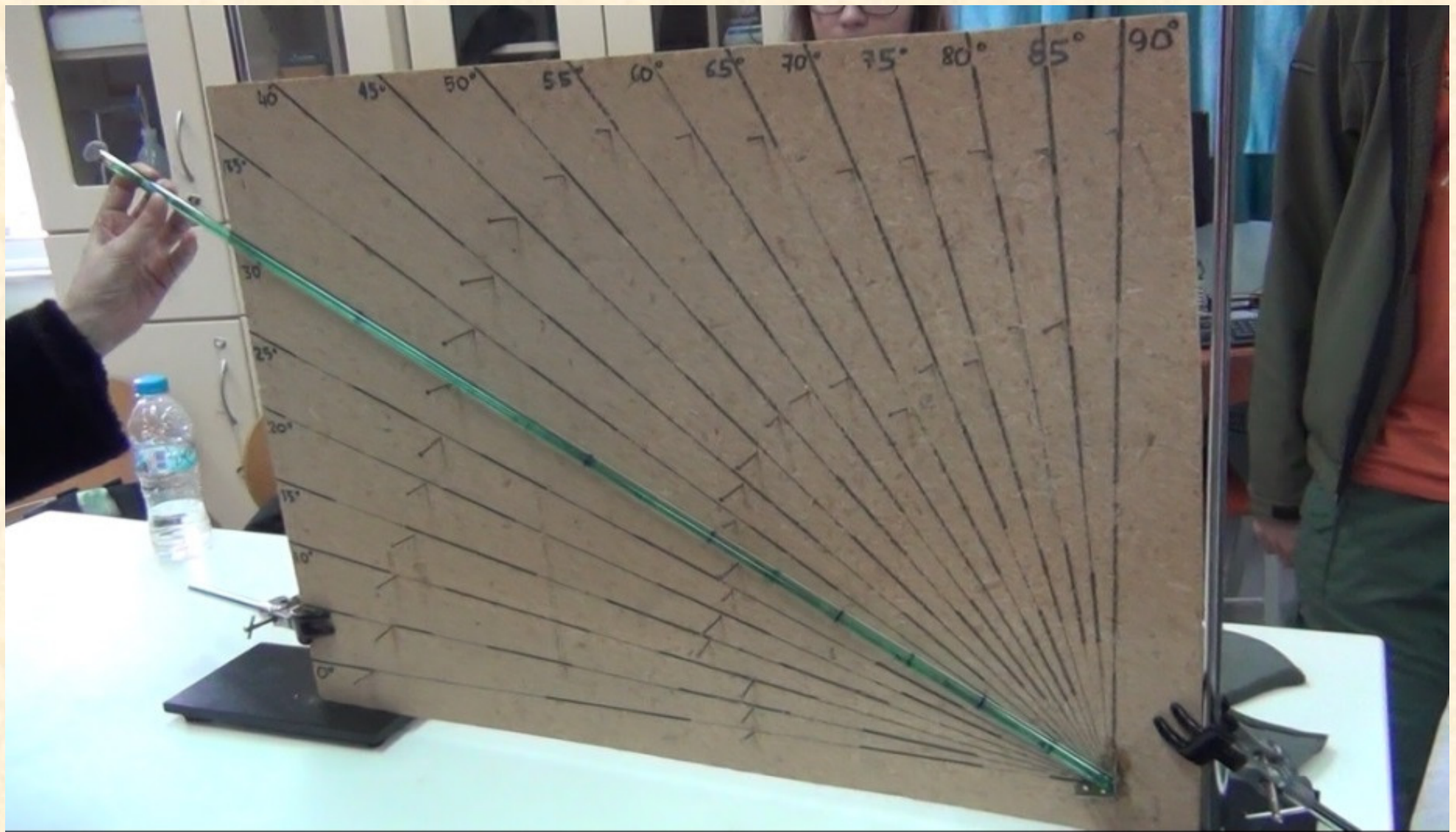
Η θεωρητική μελέτη της κίνησης φυσαλίδας αέρα
μέσα σε υγρό είναι πολύπλοκο θέμα.

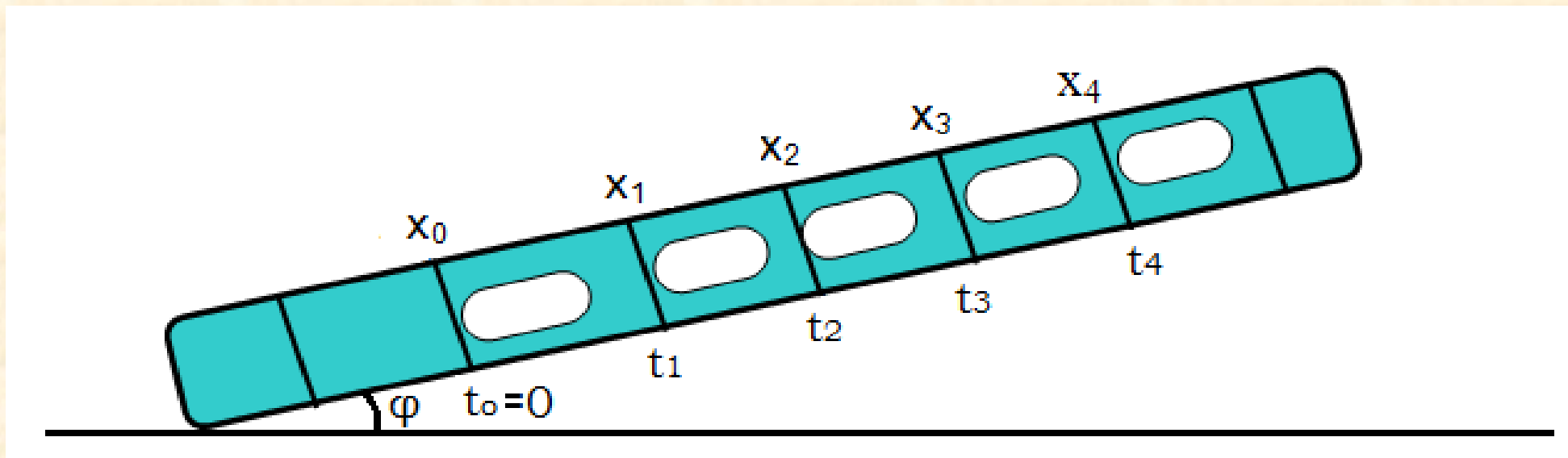


*Το σχήμα και το μέγεθος μιας φουσαλίδας για κλίσεις
(a) $\varphi = 90^\circ$, (b) $\varphi = 40^\circ$, (c) $\varphi = 5^\circ$.*

Πειραματική διαδικασία







1^ο πείραμα:

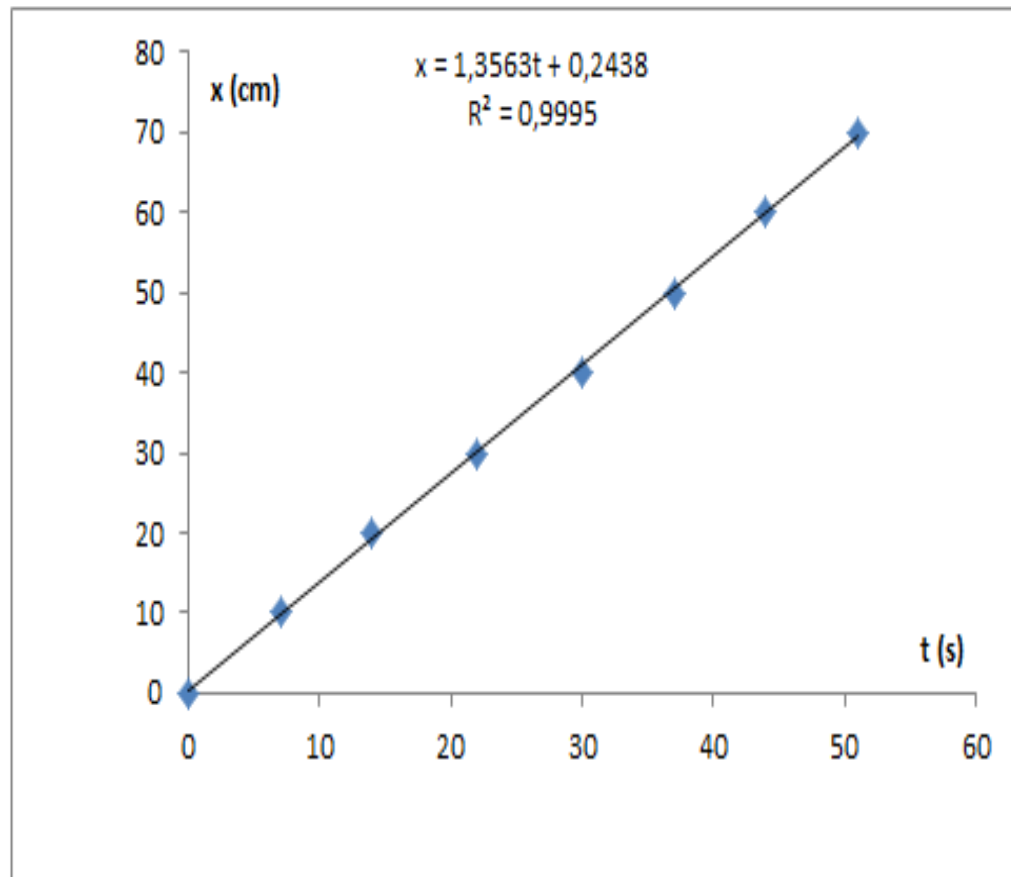
Γυάλινος σωλήνας διαμέτρου $D=0,525\text{cm}$, τοποθετημένος αρχικά σε γωνία κλίσης 5° .

Το αρχικό μήκος φυσαλίδας 3cm .

Με ηλεκτρονικό χρονόμετρο μετρήθηκαν οι χρονικές στιγμές διέλευσης της φυσαλίδας από κάθε σημάδι που βρίσκεται ανά 10cm .

Το πείραμα επαναλαμβάνεται αυξάνοντας κάθε φορά τη γωνία κλίσης κατά 5° μέχρι τις 90° .

t (s)	x (cm)
0	0
7	10
14	20
22	30
30	40
37	50
44	60
51	70



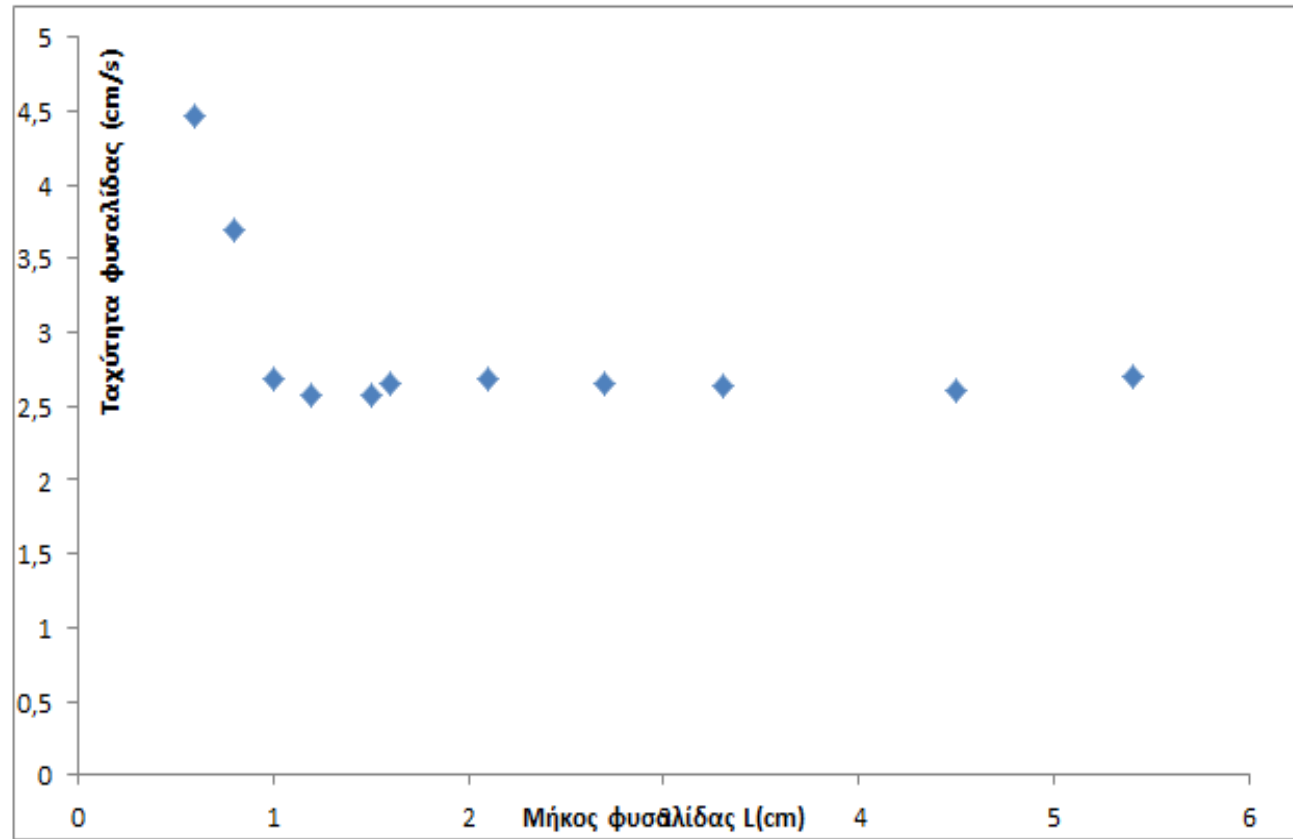
Διάγραμμα x-t για γωνία κλίσης σωλήνα $\varphi=45^\circ$.

2^ο πείραμα:

Νερό σε γυάλινο σωλήνα διαμέτρου $D=0,58\text{cm}$
τοποθετημένο σε γωνία κλίσης 45° ,
αλλά με μεταβαλλόμενο αρχικό μήκος φυσαλίδας.

Είδος υγρού: Νερό

L (cm)	V (cm/s)
0,6	4,47
0,8	3,69
1	2,68
1,2	2,58
1,5	2,57
1,6	2,65
2,1	2,69
2,7	2,66
3,3	2,63
4,5	2,61
5,4	2,7



Διάμετρος σωλήνα $D = 0,58 \text{ cm}$

Κλίση σωλήνα $\varphi = 45 \text{ μοίρες}$

3^ο πείραμα:

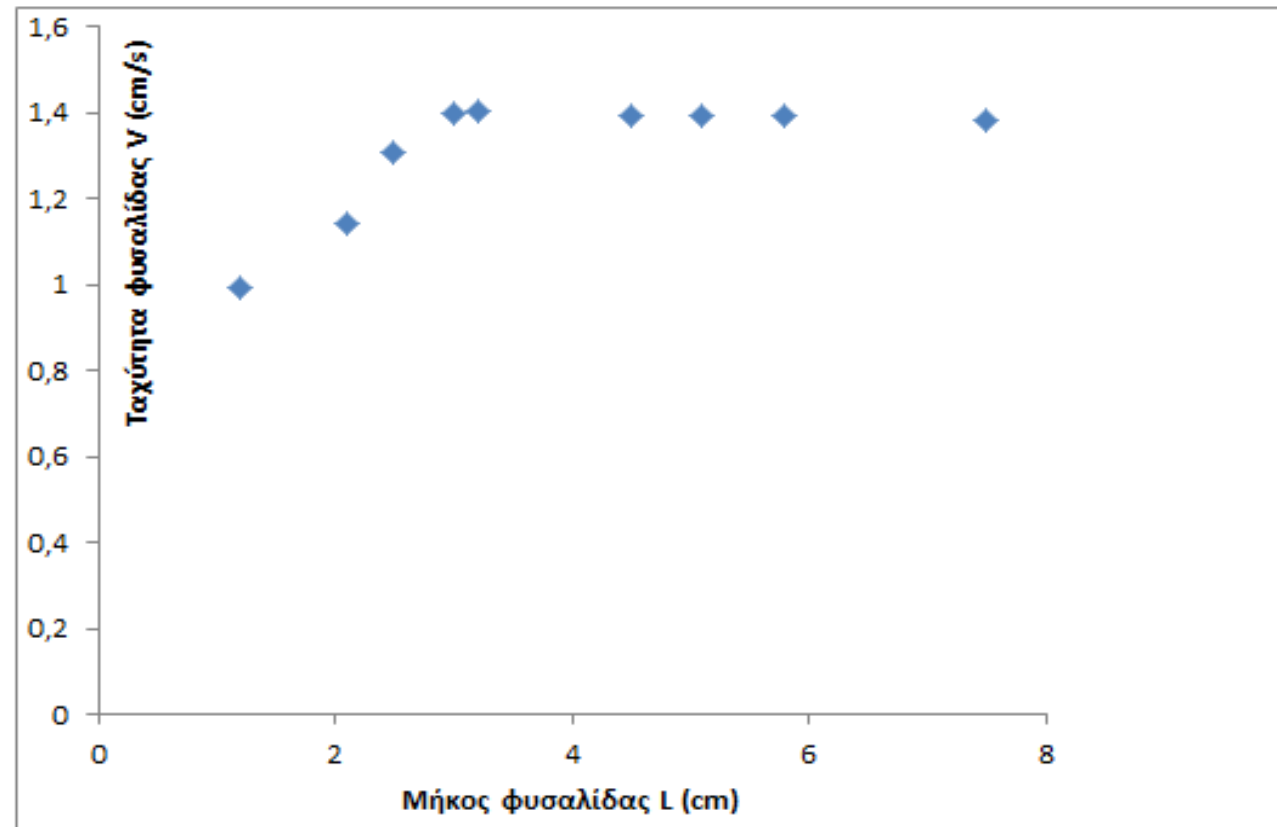
Επαναλαμβάνεται όλη η διαδικασία που προαναφέραμε στο 1^ο πείραμα με σωλήνα διαμέτρου $D=0,525\text{cm}$, μήκος φυσαλίδας στα 3cm , χρησιμοποιώντας ως υγρό το οινόπνευμα.

4^ο πείραμα:

Επαναλαμβάνεται η διαδικασία που προαναφέραμε
στο 2^ο πείραμα
με γυάλινο σωλήνα διαμέτρου $D=0,58\text{cm}$,
τοποθετημένος σε γωνία κλίσης 20° ,
όπου χρησιμοποιούμε τώρα οινόπνευμα αντί για νερό.

Είδος υγρού: Οινόπνευμα

L (cm)	V (cm/s)
1,2	0,9932
2,1	1,1431
2,5	1,3068
3	1,3974
3,2	1,4057
4,5	1,3945
5,1	1,3939
5,8	1,3956
7,5	1,3826

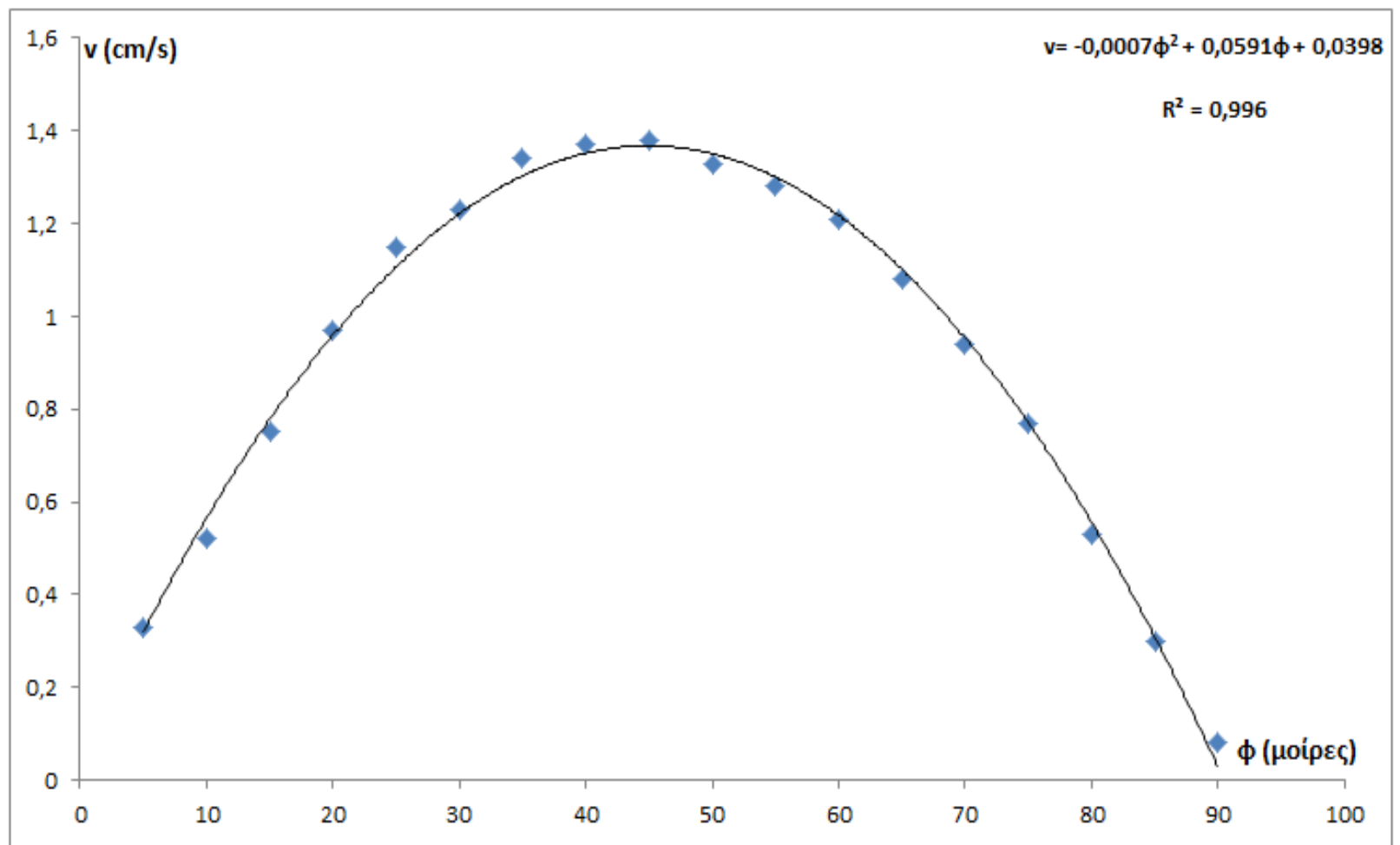


Διάμετρος σωλήνα $D=0,58\text{cm}$

Κλίση σωλήνα $\varphi=20$ μοίρες

Μαθηματική επεξεργασία

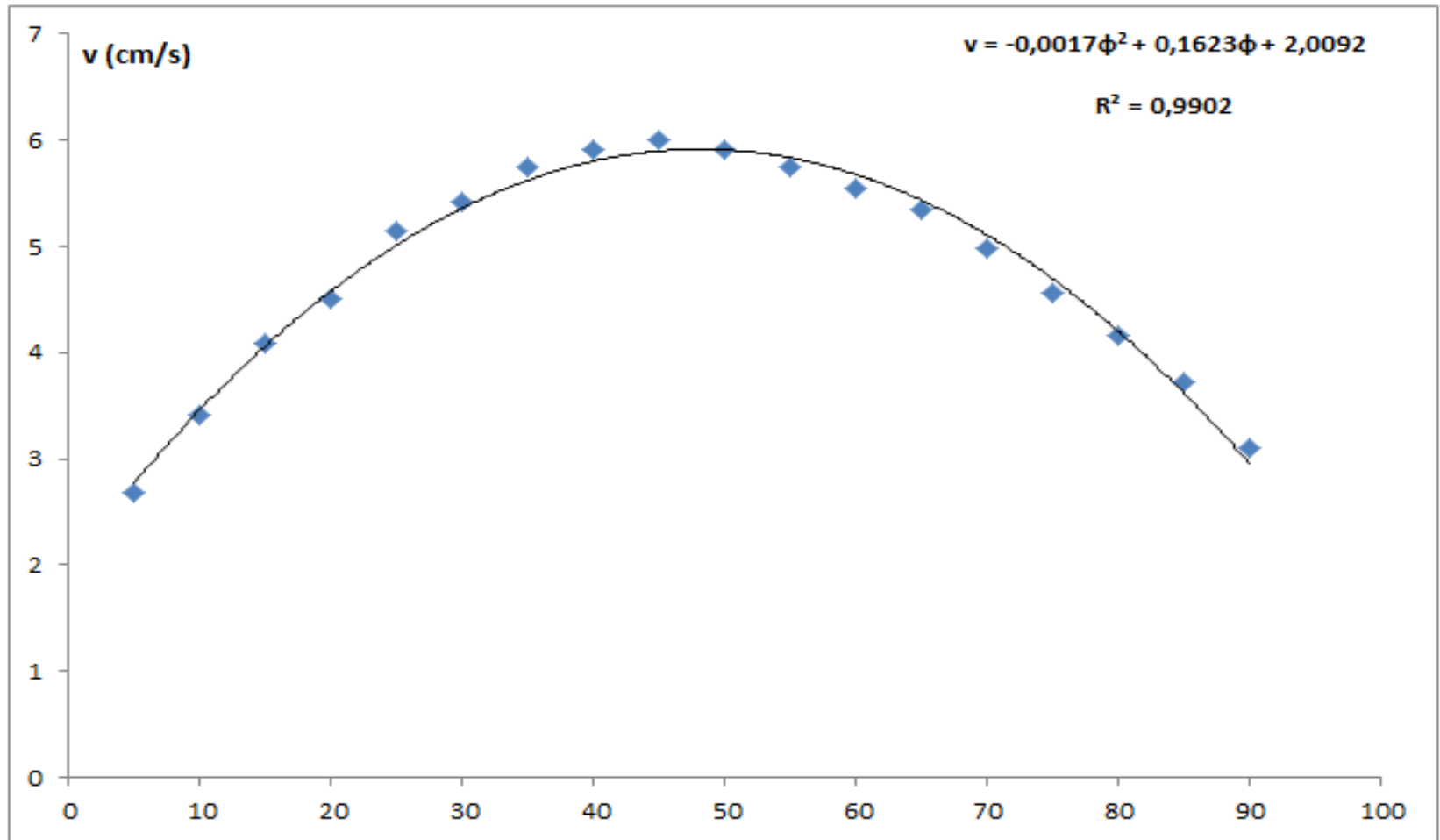
ϕ (μοίρες)	v (cm/s)
5	0,33
10	0,52
15	0,75
20	0,97
25	1,15
30	1,23
35	1,34
40	1,37
45	1,38
50	1,33
55	1,28
60	1,21
65	1,08
70	0,94
75	0,77
80	0,53
85	0,3
90	0,08



Διάγραμμα v - ϕ για το νερό

Για γωνία $\varphi=44,7^\circ$,
η φουσαλίδα αποκτά
τη μέγιστη ταχύτητά της,
που είναι ίση με $v=1,4\text{cm/s}$.

ϕ (μοίρες)	v (cm/s)
5	2,68
10	3,41
15	4,08
20	4,51
25	5,15
30	5,42
35	5,75
40	5,92
45	6
50	5,91
55	5,75
60	5,54
65	5,34
70	4,99
75	4,56
80	4,16
85	3,72
90	3,11



Διάγραμμα v - ϕ για το οινόπνευμα

Για γωνία $\varphi=48^\circ$,
η φουσαλίδα αποκτά
τη μέγιστη ταχύτητά της,
που είναι ίση με $v=6\text{cm/s}$.

Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

Ο σχεδιασμός
και η εφαρμογή του πειράματος
οδήγησε:

Στην ομαδοσυνεργατική μάθηση,
στην οποία πραγματοποιούνται
σημαντικές μαθησιακές αλληλεπιδράσεις
μεταξύ των μαθητών.

Χρήση διαδικτύου, βιβλιογραφίας και δημοσιεύσεων
ώστε να αντλήσουν επιπλέον πληροφορίες
σχετικές με το φαινόμενο που μελετούν.

Οι μαθητές κατανόησαν ότι για να πάρουν αποφάσεις
ή να καταλήξουν σε συμπεράσματα
θα χρειαστεί τα μέλη της ομάδας να επικοινωνήσουν,
να μοιραστούν ιδέες, απόψεις, πληροφορίες,
να μελετήσουν τα δεδομένα.

Στη μαθησιακή αυτή διαδικασία
τόσο οι καθηγητές όσο και οι μαθητές
ήταν ενεργοί συμμετέτοχοι,
όπου μέσα από το διάλογο
στη προσπάθεια κατανόησης
και χρήσης εννοιών και τεχνικών
προέκυψε η γνώση.

Οι μαθητές απέκτησαν υπευθυνότητα,
αυτόνομη δράση, ανοιχτό μυαλό,
γνώσεις και κρίση.

Έμαθαν μέσα από το δικό τους
προβληματισμό
να αντιμετωπίζουν προβλήματα με επιτυχία.

Από την εκτέλεση των παραπάνω πειραμάτων
προέκυψαν από τους μαθητές
τα εξής συμπεράσματα:

Η συμπεριφορά όλων των φυσαλίδων ορισμένου μήκους είναι παρόμοια για το νερό και το οινόπνευμα.

Η ταχύτητά τους αυξάνεται μέχρι μια ορισμένη κρίσιμη γωνία κλίσης του σωλήνα.

Η μέγιστη τιμή της παρατηρείται να λαμβάνεται για γωνίες από 45° – 50° , ενώ στη συνέχεια η ταχύτητα των φυσαλίδων μειώνεται με την αύξηση της γωνίας κλίσης του σωλήνα.

Η μέγιστη τιμή της ταχύτητας διαφοροποιείται αισθητά για διαφορετικά υγρά, παρουσιάζοντας μεγαλύτερη τιμή στο οινόπνευμα σε σχέση με το νερό, λόγω του μεγαλύτερου ιξώδους που παρουσιάζει το οινόπνευμα.



**Ευχαριστούμε
που μας παρακολουθήσατε**