

ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΑΛΚΟΟΛΟΜΕΤΡΟΥ

Πριν από λίγο καιρό έπεσε στα χέρια μου ένα αλκοολόμετρο. Με τη πρώτη ματιά διαπίστωσα ότι η κλίμακα του αλκοολόμετρου ήταν πολύ περισσότερο μη γραμμική από ότι στα αντίστοιχα πυκνόμετρα που διαθέτε το Ε.Κ.Φ.Ε.

Μέτρησα το ύψος της στήλης με έναν χάρακα με τους αντίστοιχους αλκοολικούς βαθμούς. Τα αποτελέσματα αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα

ΑΛΚΟΟΛΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ	ΥΨΟΣ ΣΤΗΛΗΣ ΣΕ mm
0	0,0
10	5,0
20	10,0
30	14,5
40	21,0
50	30,0
60	41,0
70	53,0
80	68,0
90	86,0
100	112,5



Η προσπάθειά μου ήταν να αναπαράγω τον παραπάνω πίνακα θεωρητικά. Άρχισα με την εξής σκέψη. Για το διάλυμα νερού οιοπνεύματος δεν ισχύει η σχέση $V_1+V_2=V_{ολ}$

Ο όγκος του διαλύματος είναι μικρότερος από τον όγκο των συστατικών του. Ποιο συγκεκριμένα γνωρίζουμε ότι όταν προσθέτουμε 100 όγκους νερού και 100 όγκους οιοπνεύματος προκύπτουν 193,4 όγκοι διαλύματος.

Άρα θα ισχύει μια σχέση της μορφής $c \cdot (V_1+V_2)=V_{ολ}$ όπου c ένας συντελεστής που θα εξαρτάται από τους αλκοολικούς βαθμούς (άρα και από το λόγο V_1/V_2) και θα είναι μικρότερος από τη μονάδα. Αν οι αλκοολικοί βαθμοί είναι 0 τότε το $c=1$ αφού τότε το διάλυμά μας θα αποτελείται αποκλειστικά μόνο από νερό. Το ίδιο θα πρέπει να συμβαίνει και στους 100⁰ βαθμούς αφού τότε το διάλυμα θα αποτελείται αποκλειστικά από οινόπνευμα. Αν τώρα προσθέσω σε 50ml οιοπνεύματος 50ml νερό θα προκύψει όπως προαναφέραμε διάλυμα όγκου 96,67ml. Το διάλυμα αυτό θα είναι 51,72⁰ αφού στα 96,67ml διαλύματος έχουμε 50ml οιοπνεύματος

Στα 100 ml διαλύματος πόσο οινόπνευμα έχουμε;

Αν την καμπύλη $c=f(A)$ θέλουμε να την προσεγγίσουμε με μια δευτεροβάθμια συνάρτηση της μορφής

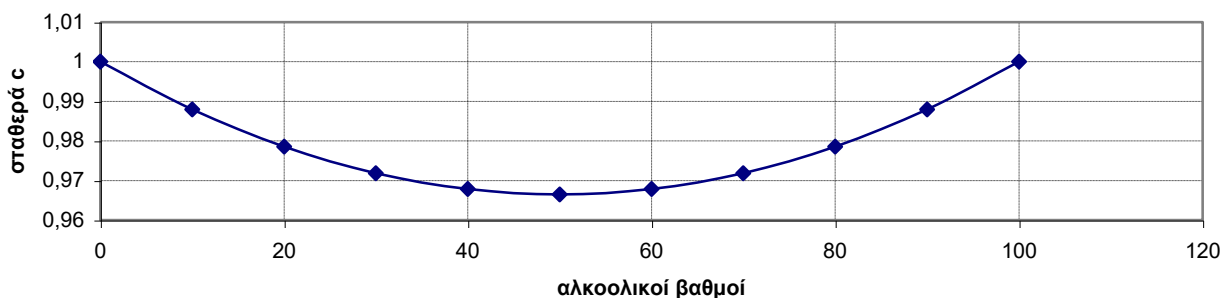
$c = a_1 A^2 + a_2 A + a_3$ λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω δηλαδή ότι για

$$A=0 \quad \rightarrow \quad c = 1 \quad \rightarrow \quad a_3=1$$

$$A=100 \quad \rightarrow \quad c = 1 \quad \rightarrow \quad a_2=-100a_1$$

$$A=51,72 \quad \rightarrow \quad c = 0,9667 \quad \rightarrow \quad a_1= 1,334 \times 10^{-5} \quad \text{οπότε η ζητούμενη συνάρτηση θα είναι:}$$

$$c = 1,334 \cdot 10^{-5} \cdot A^2 - 1,334 \cdot 10^{-3} \cdot A + 1 \quad (1)$$



Η δεύτερη σκέψη ήταν ότι το αλκοολόμετρο λειτουργεί ουσιαστικά ως πυκνόμετρο. Σε κάθε θέση το βάρος είναι ίσο με την άνωση. Και επειδή το βάρος του είναι πάντα το ίδιο, η άνωση θα είναι σε κάθε περίπτωση η ίδια. Πήρα τη θέση που το αλκοολόμετρο είναι βυθισμένο μέσα σε νερό οπότε δείχνει 0⁰ αλκοολικούς βαθμούς και μια τυχαία θέση που δείχνει A⁰ αλκοολικούς βαθμούς. Όπως φαίνεται και από το σχήμα για τις δύο αυτές θέσεις θα έχουμε:

$$V_0 \cdot d_0 = V \cdot d \rightarrow 1000 \cdot V_0 = (V_0 + S \cdot h) \cdot d \quad (2)$$

Η πυκνότητα του διαλύματος αλκοολικών βαθμών A προκύπτει από τον εξής συλλογισμό

Έστω ότι παίρνουμε A όγκους οινόπνευματος και 100-A όγκους νερού. Τότε έχουμε φτιάξει ένα διάλυμα A⁰ αλκοολικών βαθμών το οποίο έχει $m_{ολ} = 800 \cdot A + 1000 \cdot (100 - A)$

αφού η πυκνότητα του οινόπνευματος είναι 800mg/l και του νερού είναι 1000mg/l και όγκο c100

Άρα η πυκνότητα του διαλύματος θα είναι:

$$d = \frac{800A + 1000 \cdot (100 - A)}{c \cdot 100} = \frac{1000 - 2 \cdot A}{c}$$

Συνδυάζοντας τις σχέσεις (2) και (3) έχουμε:

$$1000 \cdot V_0 = (V_0 + S \cdot h) \frac{1000 - 2A}{c} \rightarrow h = \frac{V_0}{S} \left[\frac{1000(c - 1) + 2A}{1000 - 2A} \right] \quad (4)$$

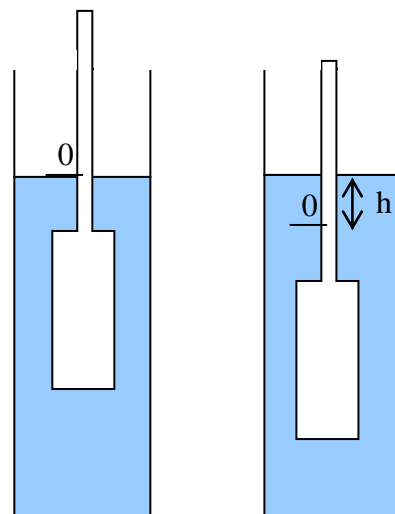
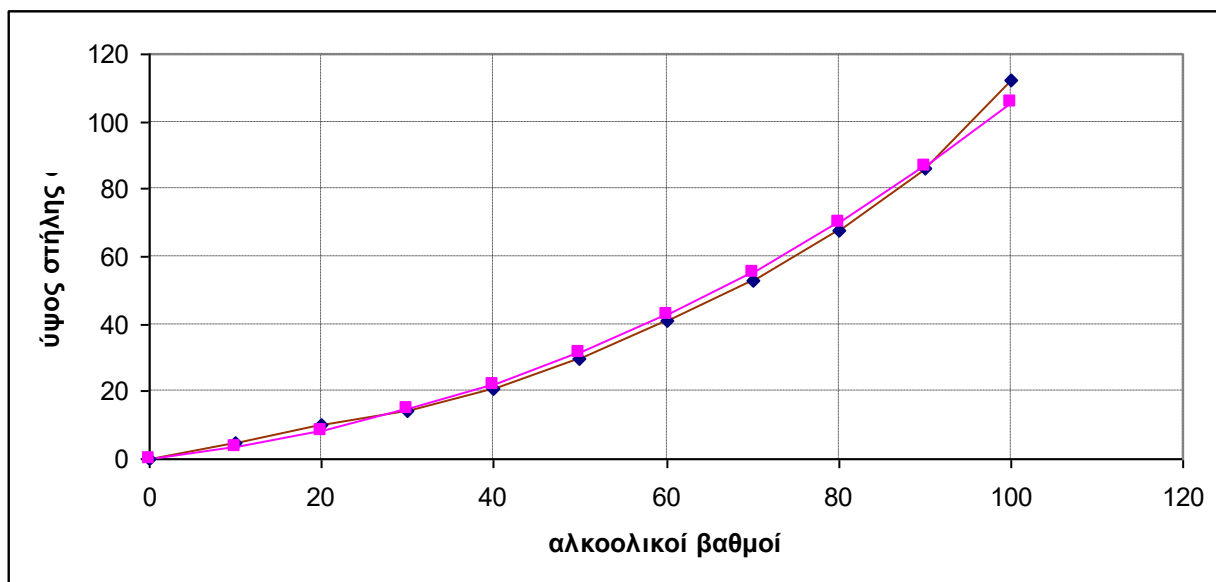
Αντικαθιστώντας τη σχέση (1) στη σχέση (4) έχουμε:

$$h = \frac{V_0}{S} \left[\frac{0,01334A^2 + 0,666A}{1000 - 2A} \right]$$

Αυτή είναι και η ζητούμενη θεωρητική σχέση. Μετρήσαμε τον όγκο $V_0 = 27000 \text{mm}^3$ καθώς και τη διάμετρο διατομής του αλκοολόμετρου και τη βρήκαμε 9mm άρα το εμβαδόν διατομής θα είναι

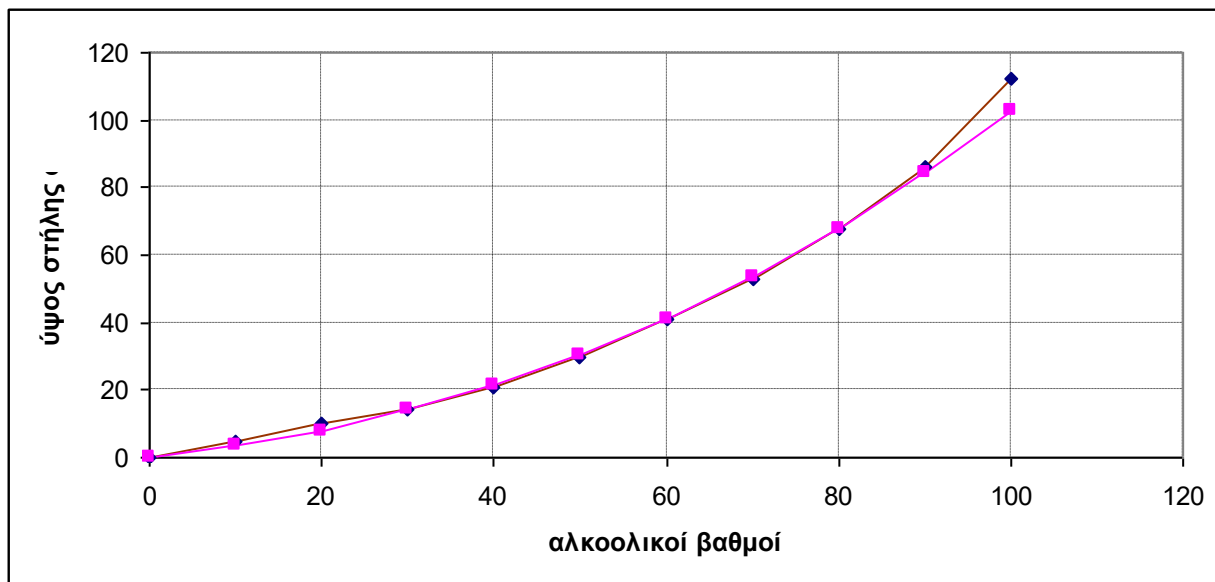
$$S = \frac{\pi \Delta^2}{4} = 63,62 \text{mm}^2 \quad \text{οπότε ο λόγος } V_0/S = 424 \text{mm}$$

Με τη βοήθεια του EXCEL χαράξαμε τη θεωρητική καθώς και την πειραματική καμπύλη $h=f(A)$



Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια πολύ καλή ταύτιση των πειραματικών δεδομένων με το θεωρητικό μας μοντέλο πράγμα που ενισχύει την άποψη ότι είναι σωστό. Μπορούμε πλέον να πάμε και ανάποδα. Αν από ένα αλκοολόμετρο μετρήσουμε το h που αντιστοιχεί στους 50 πχ βαθμούς, μπορούμε θεωρητικά να βρούμε το λόγο V_0/S

Η προσαρμογή γίνεται ακόμη καλύτερη αν βάλουμε $V_0/S=412\text{mm}$ όπως φαίνεται από το παρακάτω διάγραμμα. Αυτό οφείλεται σε σφάλμα μέτρησης του όγκου V_0 .



Σημ:

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους

1. Δημήτρη Τσαούση
2. Γιώργο Μπεκιαρίδη
3. Μπάμπη Περακάκη

Που χωρίς την αρωγή τους δεν θα ήταν δυνατή η συγγραφή του παραπάνω άρθρου.

Πάνος Μουρούζης

Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε Κέρκυρας