ePublishing

Open Schools Journal for Open Science

Vol 3, No 7 (2020)

Κατασκευή και βαθμονόμηση αλκοολόμετρου με απλά υλικά

Νεφέλη Αντωνίου, Αγγελική Βογιατζόγλου, Ναταλία Παρασκευοπούλου, Νεφέλη Πελεκάνου, Τζώρτζης Μηλιάς, Χρήστος Σαρρής, Θοδωρής Φραγκής

doi: 10.12681/osj.24339

Copyright © 2020, Νεφέλη Αντωνίου, Αγγελική Βογιατζόγλου, Ναταλία Παρασκευοπούλου, Νεφέλη Πελεκάνου, Τζώρτζης Μηλιάς, Χρήστος Σαρρής, Θοδωρής Φραγκής

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

To cite this article:

Αντωνίου Ν., Βογιατζόγλου Α., Παρασκευοπούλου Ν., Πελεκάνου Ν., Μηλιάς Τ., Σαρρής Χ., & Φραγκής Θ. (2020). Κατασκευή και βαθμονόμηση αλκοολόμετρου με απλά υλικά. *Open Schools Journal for Open Science*, *3*(7). https://doi.org/10.12681/osj.24339

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 02/01/2026 12:57:49

Open Schools Journal
for Open Science

Κατασκευή και βαθμονόμηση αλκοολόμετρου με απλά υλικά

Νεφέλη Αντωνίου[1], Αγγελική Βογιατζόγλου[1], Ναταλία Παρασκευοπούλου[1], Νεφέλη Πελεκάνου[1], Τζώρτζης Μηλιάς[2], Χρήστος Σαρρής[3], Θοδωρής Φραγκής[4]

[1] CGS Εκπαιδευτήρια Κωστέα-Γείτονα, Αθήνα, Ελλάδα

[2] Χημικός, MSc, CGS Εκπαιδευτήρια Κωστέα-Γείτονα, Αθήνα, Ελλάδα,

[3] Χημικός, CGS Φυσικός Εκπαιδευτήρια Κωστέα-Γείτονα, Αθήνα, Ελλάδα

[4] MSc, CGS Εκπαιδευτήρια Κωστέα-Γείτονα, Αθήνα, Ελλάδα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η υπερβολική κατανάλωση αλκοολούχων ποτών (ροφημάτων που περιέχουν αλκοόλ) από τους εφήβους σε ολοένα και μικρότερες ηλικίες έχει σαφώς αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια. Στην προσπάθεια ανάδειξης του προβλήματος αυτού στην μαθητική μας κοινότητα, η ομάδα μας κατασκεύασε ένα απλό και ιδιαίτερα φτηνό αλκοολόμετρο κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μαθημάτων των φυσικών επιστημών. Μετασκευάζοντας κατάλληλα μια πλαστική πιπέτα των 2ml και στηριζόμενοι στο φαινόμενο της άνωσης καταφέραμε να δημιουργήσουμε ένα «όργανο μέτρησης» της περιεκτικότητας του οινοπνεύματος (αλκοόλ) στα διάφορα ροφήματα-ποτά. Τοποθετήσαμε σε ογκομετρικό κύλινδρο των 100ml γνωστής περιεκτικότητας διαλύματα αλκοόλ σε νερό, προκειμένου να βαθμονομήσουμε με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια το αυτοσχέδιο «όργανο» μας. Όλα τα μέλη της ομάδας, κάθε φορά, μετρούσαν προσεκτικά το ύψος του στελέχους του "οργάνου" που ήταν πάνω από την οριζόντια επιφάνεια του εκάστοτε διαλύματος, ώστε να ελαχιστοποιείται το «σφάλμα ανάγνωσης» κατά τη μέτρηση. Έτσι δημιουργήσαμε την καμπύλη βαθμονόμησης του οργάνου, στην οποία στηριχθήκαμε για να υπολογίσουμε τις περιεκτικότητες διαφόρων αλκοολούχων ποτών του εμπορίου. Η μέθοδος

που ακολουθήσαμε έχει πολύ καλά αποτελέσματα στα «καθαρά ποτά» που συνήθως έχουν υψηλά ποσοστά αλκοόλ. Τα ποσοστά σφάλματος των μετρήσεων μας φαίνονται να εξαρτώνται από την περιοχή τιμών της περιεκτικότητας σε αλκοόλ του, υπό μέτρηση, αλκοολούχου ποτού. Το γεγονός αυτό θεωρείται αναμενόμενο, αφού στο εμπόριο υπάρχουν διαφορετικά αλκοολόμετρα για κάθε επιθυμητή περιοχή μετρήσεων. Επιχειρείται η συστηματοποίηση των σφαλμάτων και η διερεύνηση μαθηματικής μεθόδου εξάλειψης αυτού του φαινομένου.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

αλκοολόμετρο, αλκοόλ, οινόπνευμα, ποτό, άνωση, κατασκευή, βαθμονόμηση

Θεωρητικό υπόβαθρο

Όταν προσπαθούμε να βυθίσουμε ένα σώμα μέσα σε ένα ρευστό, αισθανόμαστε μια δύναμη η οποία αντιστέκεται στην προσπάθεια μας. Η δύναμη αυτή ονομάζεται άνωση. Σύμφωνα με την Αρχή του Αρχιμήδη, σε κάθε σώμα που βυθίζεται ή τείνει να βυθιστεί μέσα σε ένα υγρό, ασκείται από το υγρό κατακόρυφη δύναμη προς τα πάνω που ονομάζεται άνωση. Το μέτρο της άνωσης ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα, και δίνεται από τη σχέση $\mathrm{A} = \mathrm{d}_{\upsilon\gamma} \cdot \mathrm{g} \cdot \mathrm{V}_{\beta\upsilon\theta}$, όπου:

Α η άνωση την οποία μετράμε σε Newton αφού είναι δύναμη,

$d_{\upsilon\gamma}$ είναι η πυκνότητα του υγρού σε $\frac{kg}{m^3}$ και

$V_{\beta\upsilon\vartheta}$ ο όγκος του σώματος που είναι βυθισμένος μέσα στο υγρό μετρημένος σε m^3.

Η άνωση είναι η συνισταμένη δύναμη όλων των δυνάμεων που δέχεται το σώμα λόγω της υδροστατικής πίεσης. Έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω, είναι ανεξάρτητη από το σχήμα και το βάρος του σώματος που είναι βυθισμένο αλλά και από το βάθος στο οποίο βρίσκεται το σώμα.

Σύμφωνα με τον 1ο νόμο του Νεύτωνα, ένα σώμα ισορροπεί όταν η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που του ασκούνται είναι ίση με το μηδέν. Για να επιπλέει ένα σώμα, βυθισμένο

ολόκληρο ή κατά ένα μέρος σε ένα ρευστό πρέπει να ισχύει:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow A - W = 0 \Rightarrow A = W \Rightarrow W = d_{\upsilon\gamma} \cdot g \cdot V_{\beta\upsilon\theta} \Rightarrow \boxed{V_{\beta\upsilon\theta} = \frac{W}{d_{\upsilon\gamma} \cdot g}} \ (1) \ ,$$

όπου W το βάρος του σώματος και A η άνωση που δέχεται από το ρευστό.

Η πυκνότητα της αιθανόλης είναι ίση με 800kg/m^3 (0,8 g/mL) και του νερού ίση με 1000kg/m^3 (1 g/mL) οπότε η πυκνότητα των διαλυμάτων τους θα έχει τιμές που θα βρίσκεται ενδιάμεσα σε αυτές. Όσο η τιμή της πυκνότητας σε ένα αλκοολούχο διάλυμα πλησιάζει την τιμή της πυκνότητας της αιθανόλης, τόσο η περιεκτικότητα του διαλύματος σε αιθανόλη θα αυξάνεται και αντίστροφα.

Η περιεκτικότητα του διαλύματος σε αλκοόλη επηρεάζει την πυκνότητα του υγρού και αυτή με τη σειρά της (σύμφωνα με την παραπάνω σχέση (1)) επηρεάζει τον όγκο ενός βυθισμένου σώματος μέσα στο διάλυμα.

Η περιεκτικότητα των αλκοολούχων ποτών σε αιθανόλη εκφράζεται ως ο όγκος της αιθανόλης που περιέχεται σε 100 όγκους διαλύματος (% v/v - αλκοολικοί βαθμοί).

Μεθοδολογία - Σχεδιασμός

Το ερευνητικό ερώτημα αυτής της εργασίας είναι:

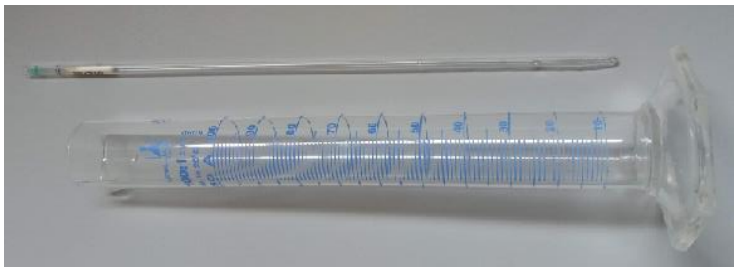
Πόσο αξιόπιστο μπορεί να είναι ένα «αυτοσχέδιο αλκοολόμετρο» κατασκευασμένο από πολύ απλά υλικά ;

Ως αλκοολόμετρο χρησιμοποιήσαμε μια πλαστική πιπέτα των 2mL μήκους 27cm, την οποία κλείσαμε ερμητικά στην άκρη, απλά λιώνοντάς τη στη φλόγα ενός αναπτήρα. Ο χρόνος κατασκευής ήταν λιγότερο από ένα λεπτό.

Για την παρασκευή των διαλυμάτων με περιεκτικότητα % v/v είχαμε στη διάθεσή μας απιονισμένο νερό, καθαρή αλκοόλη, ογκομετρικό κύλινδρο των 100mL και γυάλινη ράβδο ανάδευσης.

Σε κάθε διαφορετικής περιεκτικότητας διάλυμα νερού-αλκοόλης βυθίζαμε το μακρόστενο «αυτοσχέδιο αλκοολόμετρο» και το αφήναμε να ισορροπήσει προσέχοντας κάθε φορά να μην

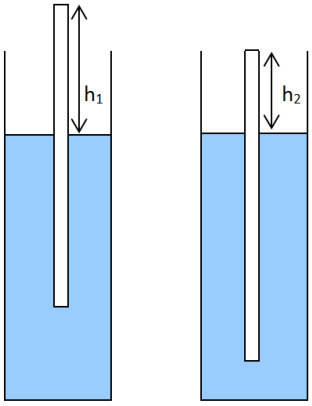
είναι κολλημένο στα τοιχώματα του ογκομετρικού κυλίνδρου.



Σχήμα 1: Βασικός πειραματικός εξοπλισμός

Όλα τα μέλη της ομάδας μετρούσαν προσεχτικά (με τον ίδιο χάρακα, ακρίβειας 0,1cm) το ύψος του στελέχους που βρισκόταν πάνω από την οριζόντια επιφάνεια του υγρού σε κάθε περίπτωση ώστε να ελαχιστοποιηθεί το συστηματικό σφάλμα της μέτρησης.

Η πειραματική διάταξη απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα 2.



Σχήμα 2: Πειραματική διάταξη

Στη συνέχεια επαναλάβαμε την ίδια διαδικασία με αλκοολούχα ποτά του εμπορίου γνωστής περιεκτικότητας σε αλκοόλ ώστε να ελέγξουμε τα όρια αξιοπιστίας της μεθόδου μας.

Δεδομένα - Ανάλυση

Ο ακόλουθος πίνακας 1 περιέχει τα πειραματικά δεδομένα που καταγράφηκαν στη διάρκεια της <u>βαθμονόμησης</u> του «αυτοσχέδιου αλκοολομέτρου» .

Περιεκτικότητα σε αλκοόλ % v/v	Μήκος h του στελέχους που εξέχει από την επιφάνεια του υγρού (cm)
0	12,0
5	11,7
10	11,5
15	11,4
20	11,3
30	11,2
40	10,9
50	10,5
60	10,2
70	9,7
80	9,1
90	8,5
100	8,2

Πίνακας 1: Μετρήσεις μήκους του στελέχους που εξέχει από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού σε συνάρτηση με την περιεκτικότητα % v/v του διαλύματος σε αλκοόλη.

Επειδή τα δημοφιλέστερα ποτά (κρασί και μπύρα) που είχαμε σκοπό να μετρήσουμε, έχουν μικρή περιεκτικότητα σε αλκοόλ, επιλέξαμε ποιο «πυκνές μετρήσεις» στις μικρές περιεκτικότητες ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν πιο ακριβή αποτελέσματα.

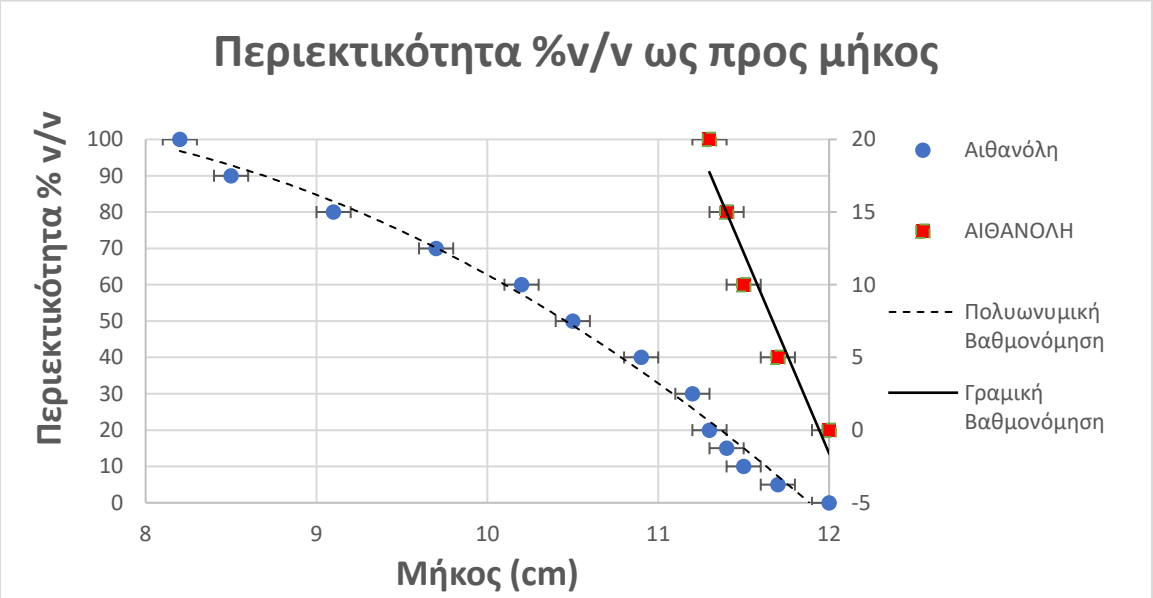
Με βάση τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα κατασκευάσαμε τη γραφική παράσταση που φαίνεται στο Σχήμα 2.

Είναι ολοφάνερο ότι δεν υπάρχει γραμμική σχέση σε όλη την κλίμακα των περιεκτικοτήτων και για αυτό επιχειρούμε πολυωνυμική προσέγγιση 2^{ου} βαθμού (διακεκομμένη γραμμή) σε όλη την κλίμακα των μετρήσεών μας.

Παρατηρώντας κάποιος προσεχτικά τα “κυκλικά σημεία” στη γραφική παράσταση (Σχήμα 2) θα

μπορούσε ίσως να «διακρίνει» τρεις επιμέρους διαφορετικές γραμμικές συμπεριφορές σε αντίστοιχα μεγάλες, μεσαίες και μικρές περιεκτικότητες %v/v. Ίσως αυτός είναι και ένας από τους λόγους που στο εμπόριο υπάρχουν διαφορετικά αλκοολόμετρα για διαφορετικές περιοχές τιμών %v/v. Σίγουρα πάντως ο βασικός λόγος ύπαρξης διαφορετικών οργάνων είναι η επίτευξη υψηλής ακρίβειας στις μετρήσεις. Για το λόγο αυτό επιχειρήσαμε και μια επιμέρους γραμμική προσέγγιση μόνο σε μικρές τιμές περιεκτικοτήτων %v/v ώστε να δούμε εάν θα υπάρχει βελτίωση των αποτελεσμάτων.

Στο ίδιο διάγραμμα λοιπόν, με διαφορετική κλίμακα στον κατακόρυφο άξονα, εφαρμόζουμε και γραμμική προσέγγιση μόνο για τις μικρές τιμές της περιεκτικότητας σε αλκοόλ ("τετράγωνα σημεία" – συνεχόμενη γραμμή)



Σχήμα 2: Γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια μετρήσαμε ένα «Άγνωστο» διάλυμα αλκοόλης που παρασκεύασε με επιμέλεια κάποιο μέλος της ομάδας μας ώστε να μην γνωρίζουν τα υπόλοιπα μέλη την περιεκτικότητα του σε αλκοόλ Η "Άγνωστη" αυτή περιεκτικότητα ήταν 63% v/v.

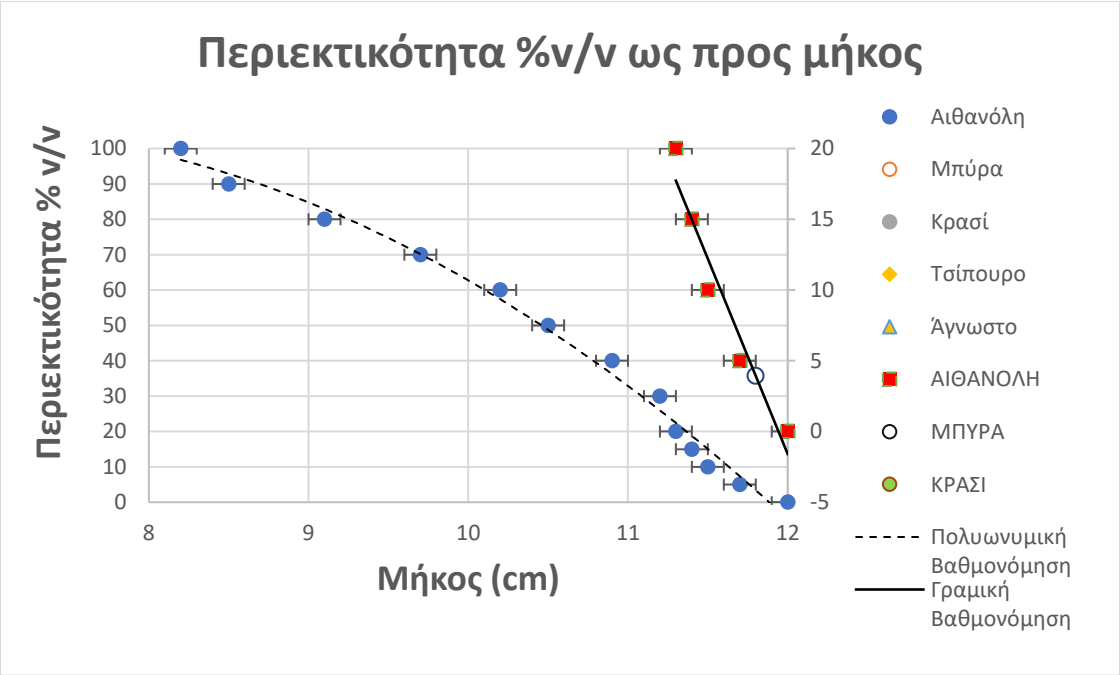
Επαναλάβαμε πολύ προσεχτικά την πειραματική διαδικασία και με εμφιαλωμένα ποτά του εμπορίου, στην ετικέτα των οποίων αναγραφόταν η περιεκτικότητα τους σε αλκοόλ.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα 2.

Αλκοολούχο Ποτό	1η μέτρηση (cm)	2η μέτρηση (cm)	3η μέτρηση (cm)	4η μέτρηση (cm)	Μέσος Όρος (cm)
Μπύρα	11,7	11,8	11,7	11,9	11,8
Κρασί	11,5	11,5	11,4	11,6	11,5
Τσίπουρο	10,9	10,9	10,7	10,8	10,8
«Άγνωστο»	9,9	10,1	10,1	10,0	10,0

Πίνακας 2: Μετρήσεις μήκους του στελέχους που εξέχει από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού σε αλκοολούχα ποτά του εμπορίου.

Με τη χρήση των δυνατοτήτων του “excel” και χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις που προέρχονται από τη γραμμική ($y = -27,597x + 329,58$) και την πολυωνυμική ($y=-3,894x^2+51,939x-67,267$) προσέγγιση προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα για τις περιεκτικότητες %v/v των ποτών που χρησιμοποιήσαμε.



Σχήμα 3: Γραφική παράσταση υπολογισμού του αλκοολικού βαθμού των υπό εξέταση ποτών

Αλκοολούχο Ποτό	Αναγραφόμενη τιμή περιεκτικότητας αλκοόλ % v/v	Υπολογισμός περιεκτικότητας σε αλκοόλ %v/v με πολυωνυμική προσέγγιση	% Σφάλμα μέτρησης	Υπολογισμός περιεκτικότητας σε αλκοόλ %v/v με γραμμική προσέγγιση	% Σφάλμα μέτρησης
Μπύρα	5	3	40	4	20
Κρασί	12	15	25	12	0
Τσίπουρο	40	39	2,5	-	-
«Άγνωστο»	63	63	0	-	-

Πίνακας 3: Υπολογισμός περιεκτικότητας σε αλκοόλ %v/v και % σφάλμα μέτρησης με βάση την αντίστοιχη μαθηματική προσέγγιση.

Συμπέρασμα - Αξιολόγηση

Με βάση την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων προκύπτει το συμπέρασμα ότι το «αυτοσχέδιο αλκοολόμετρο» είναι αξιόπιστο μόνο εάν τα διαλύματα που μετράμε έχουν μεγάλη περιεκτικότητα καθαρής αιθανόλης. Έτσι, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με αποδεκτό σφάλμα μόνο στα λεγόμενα «καθαρά ποτά» που έχουν υψηλές περιεκτικότητες αλκοόλ.

Η συμπεριφορά αυτή ήταν αναμενόμενη διότι τα κρασιά και οι μπύρες περιέχουν και διάφορες άλλες ουσίες με σάκχαρα που επηρεάζουν δραματικά το αποτέλεσμα της μέτρησης.

Η βασικές αδυναμίες της όλης διαδικασίας ήταν ότι:

i) όταν το «αυτοσχέδιο αλκοολόμετρο» ισορροπούσε, πάντα έγερνε και ακουμπούσε στα χείλη του ογκομετρικού σωλήνα, οπότε ήταν ιδιαίτερα υποκειμενική η μέτρηση μήκος h του στελέχους που εξείχε κάθε φορά από την επιφάνεια του υγρού και

ii) δεν λάβαμε καθόλου υπόψη μας την θερμοκρασία των ποτών κατά τη διάρκεια των μετρήσεων μας που όπως περιγράφεται στη βιβλιογραφία, η τιμή της μπορεί να επηρεάσει πολύ τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Όλες οι μετρήσεις μας έγιναν στην ίδια θερμοκρασία δωματίου 23°C.

Επίσης, ένα πρόβλημα που φάνηκε ξεκάθαρα και στην ανάλυση των αποτελεσμάτων και θα πρέπει να υπογραμμιστεί, είναι ο αφρός που δημιουργούσε η μπύρα όταν την βάζαμε στο στενό ογκομετρικό σωλήνα των 100mL. Το «αυτοσχέδιο αλκοολόμετρο» που κατασκευάσαμε είναι ιδιαιτέρως ελαφρύ και η παραμικρή ύπαρξη αφρού επηρεάζει την πλεύση του οργάνου. Θα έπρεπε ίσως να ψύξουμε την μπύρα ώστε να ελαχιστοποιηθεί το φαινόμενο αυτό και να περιμένουμε περισσότερο χρόνο έως ότου εξαφανιστεί εντελώς ο αφρός.

Βιβλιογραφία

[1] Φυσική Β’ Γυμνασίου των Αντωνίου Νίκος, Δημητριάδης Παναγιώτης, Καμπούρης Κων/νος, Παπαμιχάλης Κων/νος, Παπατσίμπα Λαμπρινή, εκδ. ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2006.

[2] Εργαστηριακός οδηγός Χημείας Γ΄ Γυμνασίου των Π. Θεοδωρόπουλου, Π. Παπαθεοφάνους, Φ. Σιδέρη, εκδ. ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2007.