ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Open Schools Journal for Open Science

Τόμ. 2, Αρ. 1 (2019)

Special Issue Articles from the 1st Greek Student Conference on Research and Science

Ένα Δημιουργικό Πείραμα για τον Προσδιορισμό του Υψομέτρου του Ολύμπου

Αλέξανδρος Μυλωνάς, Κωνσταντίνος Κουτσικάκης, Καλλινίκη Βασιλικού, Κωνσταντίνος Γκατζώνης, Κλαίρη Αχιλλέως, Σταύρος Παπαδόπουλος

doi: 10.12681/osj.19458

Βιβλιογραφική αναφορά:

Μυλωνάς Α., Κουτσικάκης Κ., Βασιλικού Κ., Γκατζώνης Κ., Αχιλλέως Κ., & Παπαδόπουλος Σ. (2019). Ένα Δημιουργικό Πείραμα για τον Προσδιορισμό του Υψομέτρου του Ολύμπου. *Open Schools Journal for Open Science*, *2*(1), 247–256. https://doi.org/10.12681/osj.19458

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 26/03/2026 10:49:36

Open Schools Journal for Open Science

Volume 1

Ένα Δημιουργικό Πείραμα για τον Προσδιορισμό του Υψομέτρου του Ολύμπου

Αλέξανδρος Μυλωνάς[1], Κωνσταντίνος Κουτσικάκης[1], Καλλινίκη Βασιλικού[1], Κωνσταντίνος Γκατζώνης[1], Κλαίρη Αχιλλέως[1], Σταύρος Παπαδόπουλος[1]

[1]1ο Πειραματικό Λύκειο Θεσσαλονίκης «Μανόλης Ανδρόνικος», Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Τα δημιουργικά πειράματα επινοούνται από τους μαθητές για να δώσουν απάντηση σε κάποιο ερευνητικό ερώτημα που τους τίθεται μέσω κάποιου σεναρίου. Το σενάριο που παρουσιάζουμε αφορά έναν ορειβάτη που επιστρέφει από τον Όλυμπο με ένα τσαλακωμένο άδειο μπουκάλι νερού στο σακίδιο του. Το γεγονός αυτό δίνει την αφορμή να τεθεί το βασικό ερευνητικό ερώτημα: Μπορούμε χρησιμοποιώντας το τσαλακωμένο μπουκάλι να υπολογίσουμε την ατμοσφαιρική πίεση στο υψόμετρο που βρισκόταν ο ορειβάτης όταν άδειασε το μπουκάλι του; Απαντούμε στο ερώτημά μας, προσδιορίζοντας καταρχήν τον όγκο του τσαλακωμένου μπουκαλιού. Κάνοντας την παραδοχή ότι στη θερμοκρασία και πίεση του περιβάλλοντος, ο αέρας συμπεριφέρεται σαν ιδανικό αέριο εκτιμούμε την πίεση του αέρα στο μπουκάλι όταν αυτό άδειασε. Το διάγραμμα μεταβολής της ατμοσφαιρικής πίεσης με το υψόμετρο, μας βοηθά να εκτιμήσουμε πού βρισκόταν ο ορειβάτης τότε. Αν η παραδοχή μας για την ιδανική συμπεριφορά του αέρα δεν αποκλίνει πολύ από την πραγματικότητα, αναμένουμε μια καλή εκτίμηση του υψομέτρου του Ολύμπου.

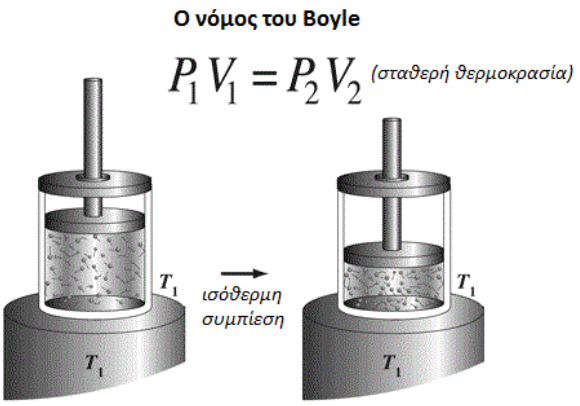
Λέξεις κλειδιά

Πίεση; ατμοσφαιρική πίεση; Νόμος Boyle; ιδανικά αέρια; πραγματικά αέρια

Εισαγωγή

Πίεση και όγκος αερίου

Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται μια δεδομένη ποσότητα αερίου μπορεί να προσδιοριστεί πλήρως με τη βοήθεια τριών χαρακτηριστικών μεγεθών: της πίεσης, του όγκου και της θερμοκρασίας του. Για σταθερή θερμοκρασία και για το ιδανικό αέριο ισχύει ο νόμος των Boyle-Mariotte, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 1: Μεταβολή υπό σταθερή θερμοκρασία (ισόθερμη μεταβολή)

Το ιδανικό αέριο αποτελεί ένα μοντέλο αερίου που μας βοηθά να προσεγγίσουμε τη συμπεριφορά των αερίων. Μονάχα τα μονοατομικά αέρια (και μάλιστα όταν βρίσκονται σε μικρές πιέσεις) μπορούμε να θεωρήσουμε ότι «υπακούουν» ικανοποιητικά στο συγκεκριμένο νόμο. Συχνά, όμως, θεωρούμε ότι και άλλα αέρια είναι κατά προσέγγιση ιδανικά για να απλοποιήσουμε τους υπολογισμούς μας. Αν θέλουμε να κάνουμε ακριβέστερους υπολογισμούς για ένα πραγματικό αέριο, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κάποια άλλη λιγότερο απλή εξίσωση.

Ο Όλυμπος και τα καταφύγιά του

Ο Όλυμπος είναι το ψηλότερο βουνό της Ελλάδας και το δεύτερο σε ύψος βουνό των Βαλκανίων. Είναι παγκόσμια γνωστός τόσο για τα οικολογικά χαρακτηριστικά και την ανεπανάληπτη φυσική ομορφιά του, όσο και για τη σχέση του με την αρχαία ελληνική μυθολογία. Ο Μύτικας, η υψηλότερη κορυφή του, απέχει σε ευθεία απόσταση 263 χιλιόμετρα από την Αθήνα και 78 χιλιόμετρα από τη Θεσσαλονίκη, ενώ από τις ακτές της Πιερίας απέχει 18 και από την Κατερίνη 24 χιλιόμετρα. Το 1981 η UNESCO ανακήρυξε τον Όλυμπο «Απόθεμα της Βιόσφαιρας». Η

Ευρωπαϊκή Κοινότητα έχει συμπεριλάβει τον Όλυμπο στις «Σημαντικές για την Ορνιθοπανίδα Περιοχές της Ευρωπαϊκής Κοινότητας»

Στον Όλυμπο υπάρχουν σήμερα σε λειτουργία εννέα καταφύγια που εξυπηρετούν τις ανάγκες των επισκεπτών, περιπατητών, πεζοπόρων, αναρριχητών και ορειβατών σε ετήσια βάση. Τα καταφύγια αυτά φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί Επίσης, σε καίρια σημεία των κυρίων διαδρομών προς την κορυφή του, υπάρχουν άλλα έξι καταφύγια ανάγκης.

	Καταφύγια του Ολύμπου	**Υψόμετρο (m)**	**Απόσταση από κορυφή (m)**	**Χωρητικότητα (άτομα)**
1	"Βρυσοπούλες"	1800	1118	25
2	"Χρήστος Κάκαλος"	2650	268	22
3	"Γιώσος Αποστολίδης"	2700	218	101
4	Πετρόστρουγκας	1950	968	80
5	"Σπήλιος Αγαπητός"	2060	858	110
6	"Δημήτριος Μπουντόλας"	960	1958	30
7	"Κρεβάτια" Βροντούς	950	1968	20
8	"Κορομηλιές" Λεπτοκαρυάς	950	1968	16
9	Κορομηλιάς Δίου	1000	1918	17

Πίνακας 1: Τα καταφύγια του Ολύμπου

Το σενάριο

Ο κ. Κίμωνας είναι ένας διεθνούς φήμης Φυσικός-Ερευνητής που εργάζεται σε ένα Ερευνητικό Ινστιτούτο στη χώρα της Ευδαιμονίας. Έχει τρία παιδιά τον Φαίδωνα, τον Ήρωνα και την Καλυψώ. Το αγαπημένο του χόμπι είναι να βάζει στα παιδιά του ερευνητικές δοκιμασίες και να τους επιβραβεύει όταν τις διεκπεραιώνουν με επιτυχία. Πιστεύει ότι αυτός είναι ένας ελκυστικός τρόπος για τα παιδιά ώστε να αναπτύξουν τη συνθετική και κριτική τους ικανότητα.

Τους τελευταίους μήνες δουλεύει εντατικά για την συμμετοχή του σε Συνέδριο στην Ιταλία. Αποφάσισε λοιπόν να ξεκουραστεί για δύο μέρες πηγαίνοντας ορειβασία στον Όλυμπο μαζί με συναδέλφους του για να αναπνεύσει καθαρό αέρα και να «ξεφύγει» το μυαλό από τις καθημερινές σκοτούρες.

Η ανάβαση στην κορυφή του Ολύμπου έγινε με πολύ κέφι, στην επιστροφή όμως ο κ. Κίμωνας αισθάνθηκε μια επίμονη ενόχληση ψηλά στο στομάχι. Έτσι η παρέα προτίμησε να καταφύγει

στο κοντινότερο καταφύγιο (που έτυχε να είναι οργανωμένο και πάρα πολύ ευρύχωρο) και να καλέσουν ελικόπτερο του ΕΚΑΒ. Όσο περίμενε, ο κ. Κίμων πήρε ένα χάπι. Ήπιε όλο το νερό από το τελευταίο γεμάτο μπουκαλάκι που είχε μαζί του. Για να μην αφήσει σκουπίδια στο καταφύγιο έβαλε το άδειο μπουκαλάκι στο σακίδιό του, που περιείχε μόνο το μπουφάν του και κάποια χάπια πρώτης ανάγκης. Το ελικόπτερο έφτασε γρήγορα και μετέφερε τον κ. Κίμωνα στο νοσοκομείο όπου μετά από εξετάσεις διαπιστώθηκε ευτυχώς μόνο μια απλή ίωση.

Επιστρέφοντας στο σπίτι άδειασε το σακίδιό του και είδε ότι το μπουκαλάκι ήταν τσαλακωμένο (όπως άλλωστε το περίμενε). Εκείνη την στιγμή του ήρθε η ιδέα να βάλει μια νέα δοκιμασία στα παιδιά του, με αντάλλαγμα όταν θα πήγαινε στο Συνέδριο, να πραγματοποιούσαν μαζί και μια επίσκεψη στο εργοστάσιο της Ferrari στο Μαρανέλλο κοντά στη Μόντενα.

Βοηθήστε τα παιδιά να δώσουν τις σωστές απαντήσεις!

Τα υλικά που βρίσκονται στη διάθεση σας είναι τα παρακάτω:

1. Το τσαλακωμένο μπουκαλάκι του κ. Κίμωνα.
2. Ένα άδειο μπουκαλάκι ίδιας μάρκας κλειστό.
3. Ένα κυλινδρικό πλαστικό δοχείο (κομμένο μπουκάλι νερού 1,5 L).
4. Ένα διάφανο πλαστικό ποτηράκι βαθμονομημένο στα 50ml.
5. Νερό.

Προσοχή: Δεν πρέπει να ανοίξετε κανένα από τα μικρά μπουκαλάκια που σας δίνονται κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Τα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν:

1. Κρατώντας πάντα καλά κλειστό το άδειο ατσαλάκωτο μπουκαλάκι δοκιμάστε να το τσαλακώσετε. Είναι εύκολο να παραμορφωθεί το σχήμα του σε τέτοιο βαθμό ώστε να προσομοιάζει με το άδειο τσαλακωμένο μπουκαλάκι του κ. Κίμωνα; Είναι πιθανόν η παραμόρφωση του μπουκαλιού να οφείλεται στο ότι καταπλακώθηκε από άλλα αντικείμενα μέσα στο σακίδιο του;

2. Μπορείτε να δώσετε μια πιθανή εξήγηση για την παραμόρφωση του μπουκαλιού του κ. Κίμωνα;

3. Αξιοποιώντας τις πληροφορίες που σας δίνονται και τα διαθέσιμα υλικά :

α) Βρείτε ένα τρόπο να υπολογίσετε την πίεση στο καταφύγιο που ο κ. Κίμων πήρε το χάπι του.

β) Προσδιορίσετε ποιο καταφύγιο ήταν εκεί.

γ) Σε ποιο ύψος βρίσκεται η κορυφή του Ολύμπου.

4. Τι αλλαγή θα περιμένατε στο μπουκάλι αν ο κ. Κίμων είχε πιει το μισό νερό

Μεθοδολογία – Μετρήσεις - Αποτελέσματα

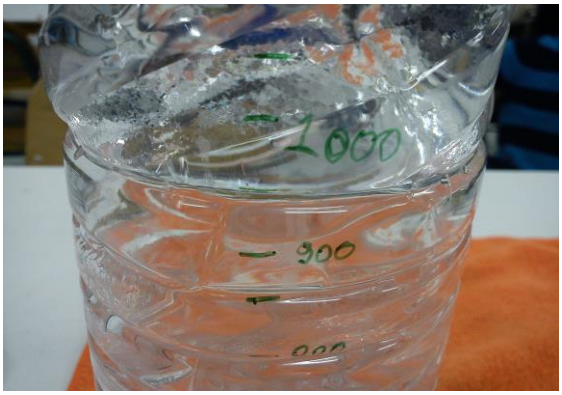
Αρχικά, για να απαντήσουμε στο πρώτο ερώτημα που μας τέθηκε, προσπαθήσαμε να τσαλακώσουμε το κλειστό ατσαλάκωτο μπουκαλάκι που βρήκαμε στον πάγκο εργασίας μας. Διαπιστώσαμε ότι είναι αδύνατο να το τσαλακώσουμε.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε ένα μπουκάλι μεταλλικού νερού 1,5L με κομμένο το πάνω μέρος του, ώστε να το χρησιμοποιήσουμε ως ογκομετρικό δοχείο

Εικόνα 1: Αρχή της βαθμονόμησης

Εικόνα 2: Η βαθμονόμηση ολοκληρώνεται

Χρησιμοποιώντας το βαθμονομημένο διάφανο πλαστικό ποτηράκι των 50ml, βαθμονομήσαμε το κομμένο μπουκάλι νερού μέχρι τα 1200ml. Αυτό το καταφέραμε ρίχνοντας με το βαθμονομημένο μικρό ποτηράκι διαδοχικά 50ml νερό και σημειώνοντας κάθε φορά με μία γραμμή πάνω στο πλαστικό μπουκάλι, με ανεξίτηλο μαρκαδοράκι, τη θέση της επιφάνειας του νερού στο μεγάλο μπουκάλι.



Εικόνα 3: Ογκομέτρηση τσαλακωμένου
Εικόνα 4: Λεπτομέρεια

Κατόπιν γεμίσαμε το ήδη βαθμονομημένο μπουκάλι με νερό μέχρι τα 680ml, βουτήξαμε το μη τσαλακωμένο μπουκαλάκι και μετρήσαμε τον όγκο του, που τον σημειώνουμε στον πίνακα μετρήσεών μας ως Vα. Έπειτα βουτήξαμε και το όμοιο, τσαλακωμένο μπουκαλάκι και μετρήσαμε τον όγκο του, που τον σημειώνουμε στον πίνακα μετρήσεών μας ως Vτ. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε πέντε φορές ώστε να πάρουμε τις μέσες τιμές των όγκων. Οι μετρήσεις φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Αριθμός Μέτρησης	**V_α (ml)**	**V_τ (ml)**
1	540	455
2	545	420
3	554	400
4	556	430
5	555	420
Μέση τιμή όγκου	V_1=550	V_2=425

Πίνακας 2: Οι μετρήσεις όγκου του ατσαλάκωτου Vα και του τσαλακωμένου Vτ μπουκαλιού.

Για να υπολογίσουμε την πίεση του τσαλακωμένου μπουκαλιού χρησιμοποιήσαμε τον νόμο των Boyle-Mariotte για την ισόθερμη μεταβολή, θεωρώντας, αφενός, ότι ο αέρας στο μπουκαλάκι συμπεριφέρεται σαν ιδανικό αέριο και αφετέρου, ότι η θερμοκρασία στο καταφύγιο και στο δωμάτιο του κ. Κίμωνα είναι ίδιες, υποθέσαμε θερμοκρασία 18oC.

Οι παράμετροι P1 και V1 ανταποκρίνονται στην αρχική κατάσταση του άδειου μπουκαλιού, δηλαδή όταν αυτό ήταν ατσαλάκωτο (στο καταφύγιο) ενώ οι P2 και V2 είναι η πίεση και ο όγκος στην τελική κατάσταση, δηλαδή του τσαλακωμένου μπουκαλιού (στο δωμάτιο του κ. Κίμωνα).

Οπότε, εάν θεωρήσουμε την πίεση του μπουκαλιού στο δωμάτιο του κ. Κίμωνα P2= 1atm (1,013*105 N/m2) και τον αντίστοιχο όγκο V2 = 425ml, ενώ η πίεση στο καταφύγιο είναι η P1, πραγματοποιούμε τους εξής υπολογισμούς:

P2V2 = P1V1

(1,013*105 N/m2)*0,425L=P1*0,550L

P1 ≈ 0,78277*105 N/m2

Επομένως η πίεση στο καταφύγιο που ο κ. Κίμωνας πήρε το χάπι του ήταν:

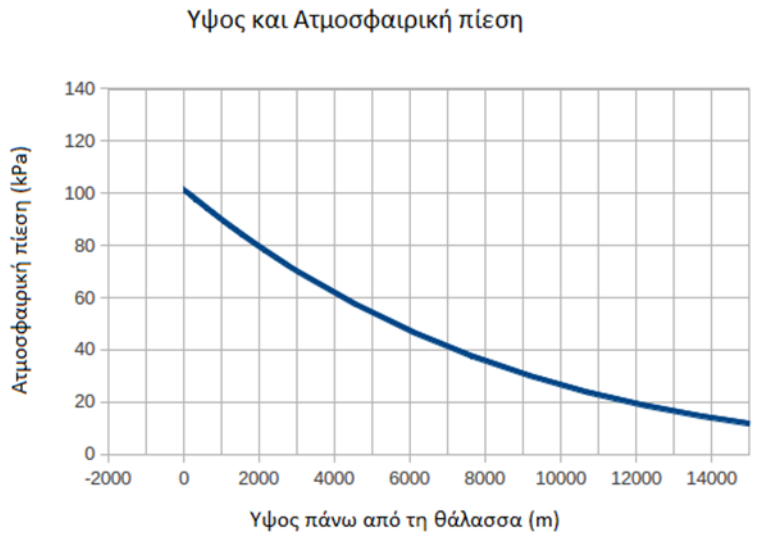
P1≈ 0,7727 atm

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα

Απαντώντας στο πρώτο ερώτημα, πιέζοντας το μπουκάλι με καλά κλεισμένο το καπάκι, παρατηρούμε πως είναι σχεδόν αδύνατον να προκαλέσουμε παραμόρφωση στο μπουκάλι (εκτός και αν πιέσουμε με μεγάλη δύναμη το μπουκάλι εκτοξεύοντας το καπάκι). Αυτό συμβαίνει καθώς ο αέρας που βρίσκεται μέσα στο μπουκάλι έχει την ίδια πίεση με τον αέρα στο περιβάλλον (αφού και μέσα και έξω από το μπουκάλι υπάρχει ατμοσφαιρικός αέρας) και αφού δεν μπορεί να διαρρεύσει ο αέρας από το μπουκάλι, δεν μπορούμε να το παραμορφώσουμε.

Όσον αφορά στο δεύτερο ερώτημα, το μπουκάλι του κ. Κίμωνα μετά τη χρησιμοποίησή του είναι γεμάτο με αέρα χαμηλής πίεσης. Όταν ο κ. Κίμωνας βρίσκεται στο επίπεδο της θάλασσας, ο εξωτερικός ατμοσφαιρικός αέρας έχει μεγαλύτερη πίεση από ότι ο αέρας στο εσωτερικό του μπουκαλιού με αποτέλεσμα το μπουκάλι να δέχεται μεγαλύτερη δύναμη από τον εξωτερικό αέρα σε σχέση με την δύναμη που δέχεται από τον αέρα μέσα στο μπουκάλι, με αποτέλεσμα το μπουκάλι να παραμορφώνεται όταν ο κ. Κίμων φτάνει στο νοσοκομείο.

Η πίεση στο υψόμετρο που βρίσκεται το καταφύγιο υπολογίστηκε από τις πειραματικές μας μετρήσεις στις 0,77 atm περίπου (78 kPa). Σύμφωνα με το διάγραμμα μεταβολής της πίεσης με το ύψος που μας δόθηκε, το καταφύγιο βρίσκεται σε υψόμετρο περίπου 2600 μέτρων.



Σχήμα 2: Εκτίμηση του υψομέτρου από τον υπολογισμό της πίεσης

Τα κοντινότερα καταφύγια σε αυτό το υψόμετρο (Πίνακας 1), τα οποία θα έχουν περίπου και την ίδια ατμοσφαιρική πίεση, είναι το «Γιώσος Αποστολίδης» στα 2700 m και το «Χρήστος Κάκαλος» στα 2650 m. Μας δίνεται η πληροφορία ότι το καταφύγιο είναι πάρα πολύ ευρύχωρο. Συνεκτιμώντας και αυτή την πληροφορία πιστεύουμε ότι ο κ. Κίμωνας κατέφυγε στο καταφύγιο «Γιώσος Αποστολίδης» που είναι πολύ πιο ευρύχωρο από το «Χρήστος Κάκαλος».

Η κορυφή του Ολύμπου βρίσκεται περίπου 218 μέτρα πιο πάνω, δηλαδή στα 2918 m, όπου σύμφωνα με το διάγραμμα, υπάρχει πίεση περίπου στα 70 kPa, δηλαδή περίπου 0,70 atm.

Τέλος, αν ο κ. Κίμων είχε πιεί το μισό νερό, τότε θα παρατηρούσαμε ότι μόνο το σημείο το οποίο δεν περιέχει νερό αλλά αέρα θα παραμορφωνόταν, αφού τα υγρά, όπως και το νερό, είναι πρακτικά ασυμπίεστα.

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Η μεθοδολογία που ακολουθήσαμε βασίστηκε σε δύο παραδοχές:

1. Η θερμοκρασία στο καταφύγιο του Ολύμπου, όπου παίρνει το χάπι του ο κ. Κίμων είναι ίδια με τη θερμοκρασία στην αίθουσα του νοσοκομείου που μεταφέρεται. Αυτή η παραδοχή δεν απέχει από την πραγματικότητα, καθότι το καταφύγιο είναι οργανωμένο και άρα θερμαίνεται.

2. Ο αέρας συμπεριφέρεται σαν ιδανικό αέριο.

Εδώ και για ιστορικούς λόγους πρέπει να αναφέρουμε ότι ο Ιρλανδός Robert Boyle το 1662 και ο Γάλλος Edme Mariotte το 1676 πειραματίζονται μόνο με αέρα και διατυπώνουν τον ομώνυμο

νόμο. Η σημαντική ιδέα ότι υπάρχουν και άλλα αέρια έκανε την εμφάνιση της ένα αιώνα αργότερα [Kassetas]. Επομένως και αυτή η παραδοχή μας δεν απέχει από την πραγματικότητα.

Διαπιστώσαμε ότι ένα καλά κλεισμένο, άδειο, μπουκάλι δεν μπορεί να τσαλακωθεί μόνιμα αν η εξωτερική πίεση του αέρα είναι ίση με την πίεση του αέρα στο εσωτερικό του ακόμα και αν ασκήσουμε ικανή δύναμη επάνω του. Αυτό επανέρχεται στο αρχικό του σχήμα μόλις πάψει να ασκείται η δική μας εξωτερική δύναμη. Επομένως το άδειο μπουκάλι του κ. Κίμωνα δεν παραμορφώθηκε γιατί δέχτηκε δύναμη από κάποιο αντικείμενο στο σακίδιο του. Η αιτία παραμόρφωσης ήταν η διαφορά πίεσης του αέρα στην εσωτερική και εξωτερική πλευρά του τοιχώματος του μπουκαλιού. Ο αέρας στο εσωτερικό του μπουκαλιού έχει την πίεση που έχει ο αέρας στο καταφύγιο. Όταν ο κ. Κίμων βρίσκεται στο νοσοκομείο η πίεση του αέρα είναι η πίεση που έχουμε στην επιφάνεια της θάλασσας δηλαδή 1 atm. Γνωρίζοντας ότι η πίεση σε μια επιφάνεια ορίζεται ως [el.wikipedia.org]:

$P= F/A$

όπου: P η πίεση, F η δύναμη που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια και A το εμβαδόν της επιφάνειας

Αντιλαμβανόμαστε ότι η δύναμη που ασκείται από τον αέρα στην εσωτερική πλευρά του τοιχώματος του μπουκαλιού είναι μικρότερη από τη δύναμη που ασκείται από τον αέρα στην εξωτερική πλευρά του τοιχώματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το μπουκάλι να τσαλακωθεί.

Με την πειραματική μέθοδο που χρησιμοποιήσαμε και με τη βοήθεια των πληροφοριών που μας δίνονται, προσδιορίσαμε τόσο το υψόμετρο του καταφυγίου το οποίο επισκέφτηκε ο κ. Κίμων, όσο και το υψόμετρο της κορυφής του Ολύμπου. Το καταφύγιο είναι το «Γιώσος Αποστολίδης» που βρίσκεται στα 2700m και το υψόμετρο της κορυφής του Ολύμπου είναι 2918m.

Διαπιστώνουμε ότι με πολύ απλά υλικά και χωρίς να έχουμε στη διάθεσή μας πανάκριβες συσκευές μπορούμε να πειραματιστούμε και να προσδιορίσουμε με αρκετά μεγάλη ακρίβεια μακροσκοπικά μεγέθη. Τα δημιουργικά πειράματα μας παρακινούν να λειτουργήσουμε ως ερευνητές, με δεδομένο ότι δεν μας καθοδηγούν στο τι ακριβώς πρέπει να κάνουμε, αλλά μας αναγκάζουν να σκεφτούμε και να σχεδιάσουμε εμείς την πειραματική διαδικασία της έρευνάς μας ώστε να απαντήσουμε στα ερευνητικά ερωτήματα που μας τίθενται. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι με τα δημιουργικά πειράματα ανακαλύπτουμε την μαγεία της έρευνας.

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον κύριο Χαρίτωνα Πολάτογλου, Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και Πρόεδρο του Επιστημονικού, Εποπτικού μας Συμβουλίου, για την καθοδήγησή του στα Δημιουργικά

Πειράματα και τον κύριο Στυλιανό Φριλίγκο, Διευθυντή του Σχολείου μας για την διαρκή υποστήριξη που μας προσφέρει.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

[1] Βλάχος Ι, Γραμματικάκης Ι, Καραπαναγιώτης Β, Περιστερόπουλος Π, Τιμοθέου Γ, Ιωάννου Α, Ντάνος Γ, Πήττας Α, Ράπτης Σ, Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών, Β Λυκείου (Βιβλίο Μαθητή), ΥΠ.Ε.Π.Θ., ΙΕΠ, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα, 2016.
[2] Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Ολύμπου:
http://www.olympusfd.gr/gr/Katafygia.asp
[3] https://el.wikipedia.org/wiki/Νόμος_του_Μπόιλ
[4] http://users.sch.gr/kassetas/zzzzzThemodynamics.htm
[5] https://el.wikipedia.org/wiki/Πίεση