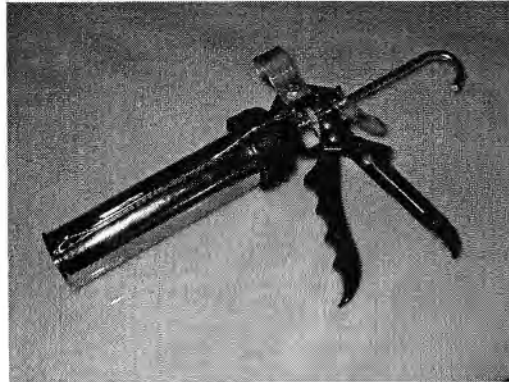


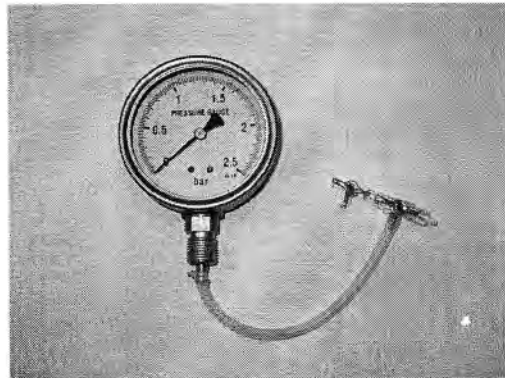
**ΣΥΣΚΕΥΗ**  
**ΝΟΜΟΥ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ GLA01**

**ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΧΡΗΣΕΩΣ**

1. Κυλινδρικό μεταλλικό θάλαμο όγκου 300 mL περίπου, κλειστό στο ένα άκρο, στο εσωτερικό του οποίου προσαρμόζεται κινούμενο έμβολο. Το έμβολο κινείται μέσα στο θάλαμο μέσω χειροκίνητου μηχανισμού.



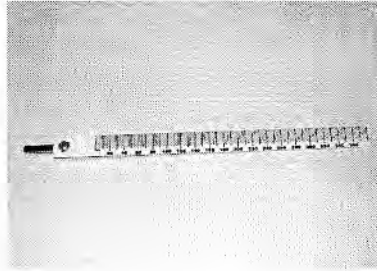
2. Μεταλλικό μανόμετρο με κλίμακα από 0 – 2,5 bar, με διαγραμμίσεις ανά 0,02 bar. Στο μανόμετρο είναι προσαρμοσμένος εύκαμπτος σωλήνας για σύνδεσή του με το μεταλλικό θάλαμο μέσω κατάλληλης στρόφιγγας τριών εισόδων.



3. Ψηφιακό πολύμετρο / θερμομέτρο με αισθητήρα θερμοκρασίας. Το πολύμετρο αυτό, για λόγους εξοικονόμησης μπαταρίας, κλείνει αυτόματα μετά από λίγα λεπτά λειτουργίας. Για να επαναφέρετε την ένδειξη πίεστε το μπουτόν POWER δύο φορές.



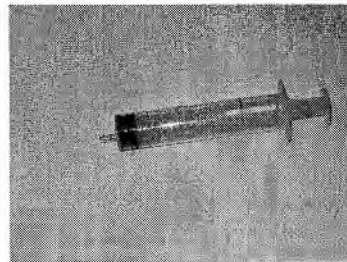
4. Βαθμονομημένη κλίμακα από 0 – 360 mL, με διαγραμμίσεις ανά 2 mL, η οποία αντιστοιχεί στον όγκο του αέρα που εγκλωβίζεται στον θάλαμο σε κάθε φάση του πειράματος.



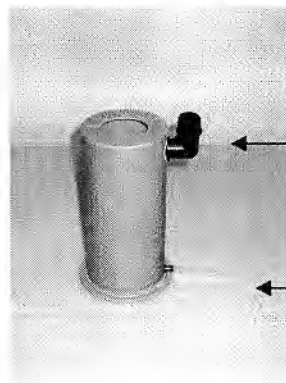
5. Δύο στρόφιγγες τριών εισόδων κατάλληλα συνδεδεμένες μεταξύ τους.



6. Πλαστική σύριγγα των 20 mL με υποδιαίρέσεις ανά 1 mL.



7. Κυλινδρικό δοχείο από PVC (υδατόλουτρο) μέσα στο οποίο τοποθετείται ο μεταλλικός θάλαμος για δημιουργία μεταβαλλόμενων συνθηκών θερμοκρασίας. Το υδατόλουτρο έχει προσαρμοσμένο κοντά στο πάνω καπάκι του έναν γωνιακό σωλήνα/στόμιο για το γέμισμά του με νερό και στο κάτω μέρος του, κοντά στον πυθμένα του, ένα εύκαμπτο σωλήνα απορροής για το άδειασμα του κυλινδρικού δοχείου.



Στόμιο πλήρωσης

Σωλήνας απορροής

8. Καλαίσθητο βαλιτσάκι από ανθεκτικό πλαστικό. Το βαλιτσάκι έχει κατάλληλες διαστάσεις ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί η συσκευή μερικώς συναρμολογημένη.

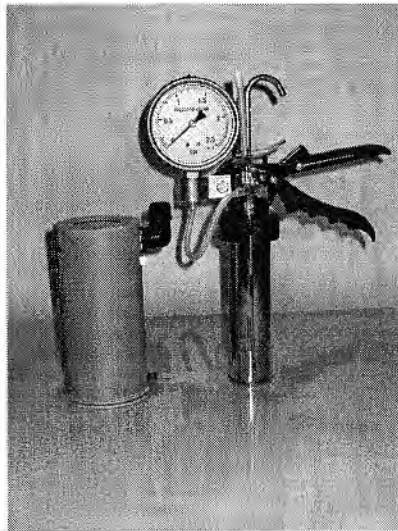


Η συσκευή GLA-01 μερικώς συναρμολογημένη μέσα στο βαλιτσάκι της.

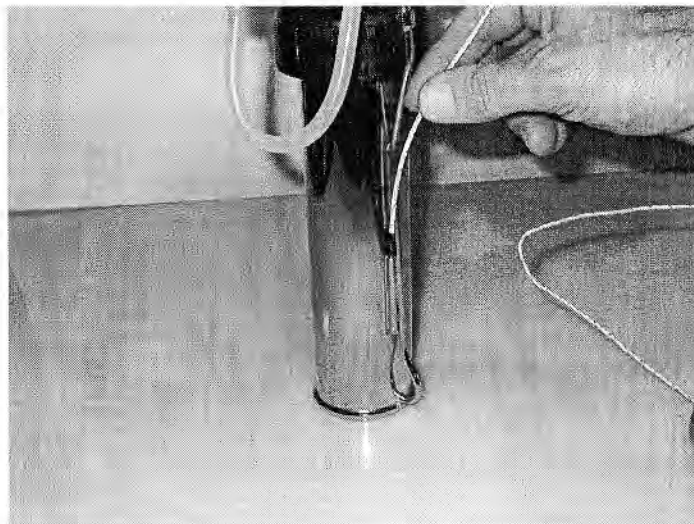
### Λειτουργία

Πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων, συναρμολογήστε τη συσκευή ως ακολούθως:

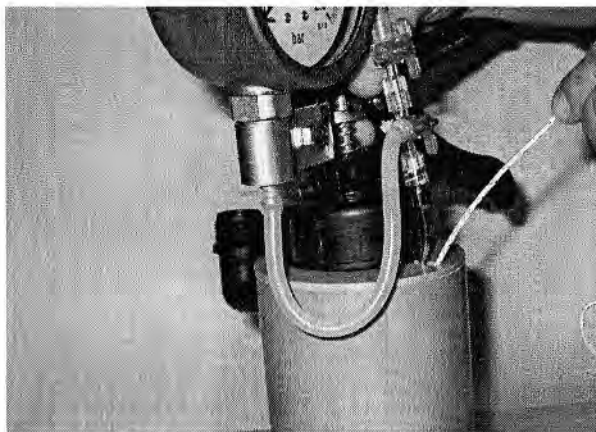
1. Η συσκευή παραδίδεται μερικώς συναρμολογημένη, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Το έμβολο με το στέλεχος του και το μηχανισμό μετακίνησής του είναι προσαρμοσμένα στο μεταλλικό κυλινδρικό θάλαμο. Το μανόμετρο είναι προσαρμοσμένο στο κολάρο του κυλινδρικού θαλάμου και είναι συνδεδεμένο με τον κυλινδρικό θάλαμο με εύκαμπτο σωλήνα και ζεύγος στροφίγγων.



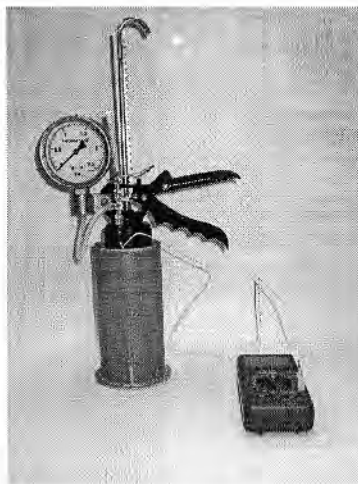
2. Προσαρμόστε το αισθητήριο της θερμοκρασίας στο θάλαμο, εισάγοντας το καλώδιό του στο σωληνάκι που είναι κολλημένο στην εξωτερική επιφάνεια του κυλινδρικού θαλάμου.



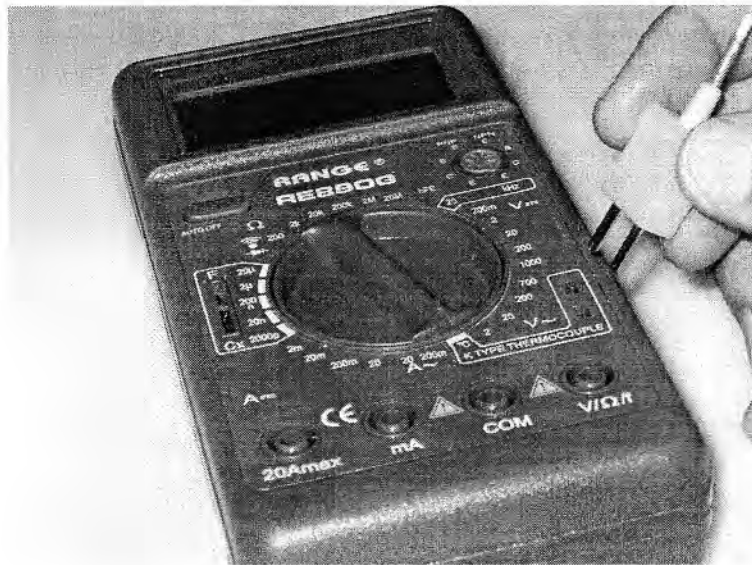
3. Τοποθετήστε το συναρμολογημένο σύστημα μέσα στο υδατόλουτρο προσανατολίζοντας το διογκωμένο τμήμα του λεπτού σωλήνα που είναι προσαρμοσμένος στο μεταλλικό θάλαμο μέσα από την αντίστοιχη εγκοπή στο πάνω μέρος του υδατόλουτρου. Κατά την τοποθέτησή του κρατήστε με το άλλο σας χέρι το καλώδιο του θερμοζεύγους κατά τέτοιο τρόπο ώστε να περάσει και αυτό μέσα από την εγκοπή, προσέχοντας όμως να μη συνθλιβεί μεταξύ του μεταλλικού σωλήνα και του πλαστικού καπακιού.



4. Τοποθετήστε την κλίμακα πίσω από το στέλεχος του εμβόλου στην ειδική θέση που προβλέπεται.



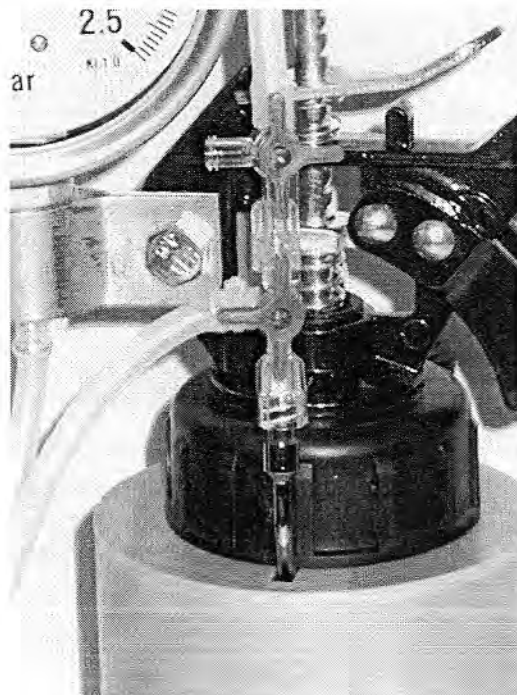
5. Τοποθετήστε το πολύμετρο RE890G κοντά στη συσκευή και βυσματώστε το καλώδιο του θερμοζεύγους στην αντίστοιχη υποδοχή του που σημειώνεται σαν °C K TYPE THERMOCOUPLE. Το φισ του καλωδίου αυτού έχει δύο λαμάκια διαφορετικού πλάτους. Βυσματώστε το με τέτοιο τρόπο ώστε το λαμάκι με το μεγαλύτερο πλάτος να είναι προς την πλευρά της οθόνης.



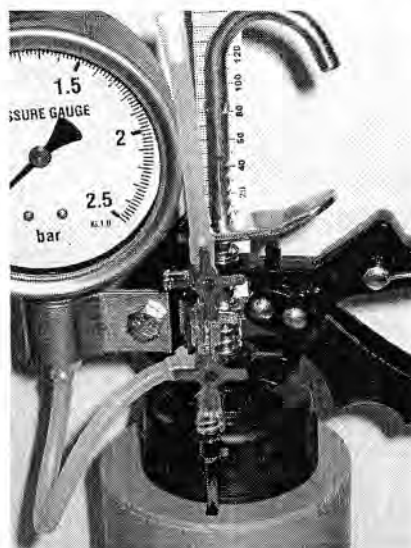
## Παραδείγματα εφαρμογής

### **A. Ισόθερμη Μεταβολή**

1. Γυρίστε τα ρυθμιστικά των τριόδων στροφιγγών σε τέτοια θέση, ώστε να επιτρέπουν την εισαγωγή αέρα στον κυλινδρικό θάλαμο. Τα χειριστήρια των στροφιγγών έχουν χαραγμένα επάνω τους βελάκια, που δείχνουν ποιες είσοδοι επικοινωνούν μεταξύ τους σε κάθε θέση.



2. Πιέζοντας το μοχλό απελευθέρωσης του στελέχους, τραβήξτε το στέλεχος του εμβόλου προς τα πάνω μέχρις ότου η χαραγή του συμπέσει με την ένδειξη 300 mL. Γυρίστε το ρυθμιστικό της κάτω στρόφιγγας στη θέση που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, ώστε ο χώρος του θαλάμου να επικοινωνεί μόνο με το μανόμετρο.



3. Στο φύλλο εργασίας 1 καταγράψτε την ένδειξη του μανομέτρου.
4. Επενεργώντας στη χειρολαβή, κατεβάστε το έμβολο στα 280 mL και καταγράψτε την ένδειξη του μανομέτρου.
5. Συνεχίστε κατά τον ίδιο τρόπο με βήματα των 20 mL μέχρι τα 160 mL.
6. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία για διαφορετική θερμοκρασία του αέρα που είναι εγκλωβισμένος στον κύλινδρο. Για να δημιουργήσετε συνθήκες διαφορετικής θερμοκρασίας, γεμίστε το υδατόλουτρο με ζεστό νερό, ρίχνοντάς το προσεκτικά, με ένα μπρικάκι ή κάποιο άλλο παρόμοιο δοχείο, στο μαύρο σωλήνα που είναι προσαρμοσμένος στο πάνω άκρο του υδατόλουτρου. Περιμένετε λίγο μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξη του ψηφιακού θερμομέτρου και καταγράψτε τη θερμοκρασία στο φύλλο εργασίας. Επαναλάβετε τις μετρήσεις ( $P$ ,  $V$ ) για δύο – τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες. Για να δημιουργήσετε διαφορετικές θερμοκρασίες αδειάστε λίγο από το ζεστό νερό του υδατόλουτρου σε ένα λεκανάκι ή στο δοχείο που χρησιμοποιήσατε προηγουμένως ελευθερώνοντας για λίγο το ελαστικό σωληνάκι στο κάτω άκρο του υδατόλουτρου και συμπληρώστε με αντίστοιχη ποσότητα κρύου νερού από το πάνω μέρος.
7. Σχεδιάστε τις καμπύλες ( $P$ ,  $V$ ) που προκύπτουν από τις μετρήσεις σας στο φύλλο εργασίας 2, αφού σημειώσετε στους άξονες τις κατάλληλες κλίμακες με τις υποδιαιρέσεις τους καθώς και τις μονάδες μέτρησης.



## **B. Ισόχωρη Μεταβολή**

1. Γυρίστε τα ρυθμιστικά των στροφίγγων ώστε να επιτρέπουν την είσοδο αέρα στον θάλαμο.
2. Πιέζοντας το μοχλό απελευθέρωσης του στελέχους, τραβήξτε το έμβολο προς τα πάνω μέχρις ότου η χαραγή του συμπέσει με την ένδειξη 200 mL. Γυρίστε τα ρυθμιστικά των στροφίγγων ώστε ο χώρος του θαλάμου να επικοινωνεί μόνο με το μανόμετρο.
3. Επενεργώντας στη χειρολαβή του θαλάμου, συμπιέστε αέρα στο θάλαμο μέχρις ότου η πίεση που δείχνει το μανόμετρο ανεβεί στα 0,50 bar
4. Γεμίστε το υδατόλουτρο με ζεστό νερό σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω.
5. Περιμένετε λίγο μέχρι η ένδειξη της θερμοκρασίας να σταθεροποιηθεί.
6. Καταγράψτε την ένδειξη του μανόμετρου στο φύλλο εργασίας 3.
7. Ανά διαστήματα, καταγράψτε τη θερμοκρασία και την ένδειξη του μανόμετρου. Για να επιταχύνετε την πτώση της θερμοκρασίας, αδειάστε λίγο από το ζεστό νερό του υδατόλουτρου και προσθέστε κρύο νερό ακολουθώντας τη διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω για την ισόθερμη μεταβολή.
8. Για χαμηλές θερμοκρασίες, μπορείτε να αντικαταστήσετε το νερό του δοχείου με νερό του ψυγείου στο οποίο μπορείτε να προσθέσετε μερικά παγάκια.
9. Εάν υπάρχει χρόνος, επαναλάβετε για άλλον ένα ή δύο διαφορετικούς όγκους του θαλάμου.
10. Σχεδιάστε τις καμπύλες ( $P$ ,  $T$ ) που προκύπτουν από τις μετρήσεις σας στο φύλλο εργασίας 4, αφού σημειώσετε στους άξονες τις κατάλληλες κλίμακες με τις υποδιαιρέσεις τους καθώς και τις μονάδες μέτρησης.

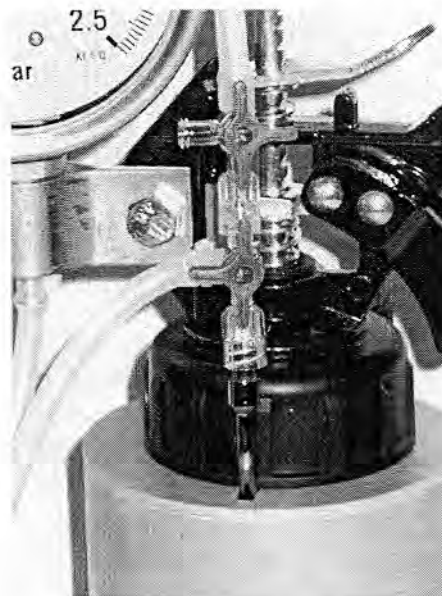
## **Γ. Ισοβαρής Μεταβολή**

Για την ισοβαρή μεταβολή ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφεται για την Ισόχωρη μεταβολή. Ξεκινήστε και πάλι με κάποια υψηλή θερμοκρασία στο υδατόλουτρο και πίεση θαλάμου 0,70 bar, περίπου και μειώστε σε βήματα τη θερμοκρασία. Επειδή όμως με την μείωση της θερμοκρασίας του αέρα μειώνεται και η πίεσή του, θα πρέπει να μεταβάλλετε τον όγκο

του εγκλωβισμένου αέρα μετακινώντας το έμβολο προς τα κάτω ώστε να διατηρείται σε κάθε βήμα σταθερή η αρχική πίεση. Για κάθε θερμοκρασία που θα χρησιμοποιήσετε καταγράψτε τον αντίστοιχο όγκο στο φύλλο εργασίας 5 και σχεδιάστε τις αντίστοιχες καμπύλες ( $V$ ,  $T$ ) στο φύλλο εργασίας 6.

#### Δ. Επαλήθευση της καταστατικής εξίσωσης $pV=nRT$

1. Γυρίστε τα ρυθμιστικά των στροφιγγών ώστε να επιτρέπουν την είσοδο αέρα στον θάλαμο.
2. Πιέζοντας το μοχλό απελευθέρωσης του στελέχους, τραβήξτε το στέλεχος του εμβόλου προς τα πάνω μέχρις ότου η χαραγή του συμπέσει με την ένδειξη 140 mL ή 160 mL. Γυρίστε τα ρυθμιστικά των στροφιγγών ώστε ο χώρος του θαλάμου να επικοινωνεί με το μανόμετρο. Η ποσότητα του αέρα που έχει εγκλωβιστεί στο θάλαμο αντιστοιχεί σε ορισμένο αριθμό γραμμομορίων  $n_0$ .
3. Προσαρμόστε τη σύριγγα στο σωληνάκι που είναι τοποθετημένο στο άκρο της πάνω στρόφιγγας, αφού τραβήξετε το έμβολό της στη θέση των 10 mL ώστε να εισαχθεί στη σύριγγα η συγκεκριμένη ποσότητα αέρα η οποία αντιστοιχεί σε  $n_1$  γραμμομόρια.
4. Γυρίστε τα ρυθμιστικά των στροφιγγών, όπως φαίνεται παρακάτω, ώστε να συνδέεται η σύριγγα και το μανόμετρο με το θάλαμο και πιέστε το έμβολο της σύριγγας ώστε να εισάγετε ποσότητα 10 mL αέρα ( $n_1$  γραμμομόρια) στο θάλαμο.



5. Γυρίστε προς τα αριστερά την πάνω στρόφιγγα σε θέση ανάστροφου  $T$ , απομονώνοντας έτσι το θάλαμο και το μανόμετρο από τη σύριγγα και καταγράψτε την ένδειξη του μανομέτρου. (Προσοχή: Αν

γυρίσετε τη στρόφιγγα προς τα δεξιά η ποσότητα του αέρα που βάλατε στο θάλαμο θα διαφύγει προς το περιβάλλον)

6. Τραβήξτε το έμβολο της σύριγγας στα 10 mL, γυρίστε την πάνω στρόφιγγα σε θέση |-- και εισάγετε την πρόσθετη ποσότητα των 10 mL αερίου στο θάλαμο, όπως περιγράφεται στα βήματα 4 και 5.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Κάθε φορά που εισάγετε με τη σύριγγα αέρα στο θάλαμο, αυξάνεται η εσωτερική του πίεση. Έτσι, όταν οι στρόφιγγες γυρίζονται σε θέση που η σύριγγα επικοινωνεί με το θάλαμο, η εσωτερική πίεση του θαλάμου εξασκείται και στο έμβολο της σύριγγας, πιέζοντάς το προς τα έξω. Για να εξασφαλίσετε ότι το έμβολο της σύριγγας δεν θα τιναχτεί έξω πρέπει να το συγκρατείτε με τον αντίχειρα ενώ κρατάτε το σώμα της σύριγγας με τα άλλα δάκτυλα και την παλάμη σας, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία και αφού πιέσετε μέχρι κάτω το έμβολο, γυρίστε με το άλλο σας χέρι την πάνω στρόφιγγα προς τα αριστερά σε θέση ανάστροφου T. Στη θέση αυτή δεν ασκείται πίεση στο έμβολο γιατί ο θάλαμος της σύριγγας επικοινωνεί με την ατμόσφαιρα μέσω της στρόφιγγας.



7. Καταγράψτε την ένδειξη του μανόμετρου.
8. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία άλλες 6 ή 7 φορές συμπληρώνοντας αντιστοίχως τις μετρήσεις στο φύλλο εργασίας 7.
9. Αποσυνδέστε τη σύριγγα από το σωληνάκι και γυρίστε την πάνω στρόφιγγα στη θέση |-- . **Προσοχή:** Η σύριγγα δεν πρέπει να είναι προσαρμοσμένη στο σωληνάκι όταν εκτελούνται οι ασκήσεις ισόθερμης, ισόχωρης και ισοβαρούς μεταβολής.
10. Σχεδιάστε την καμπύλη ( $pV/T, n$ ) σε χαρτί μιλιμετρέ.