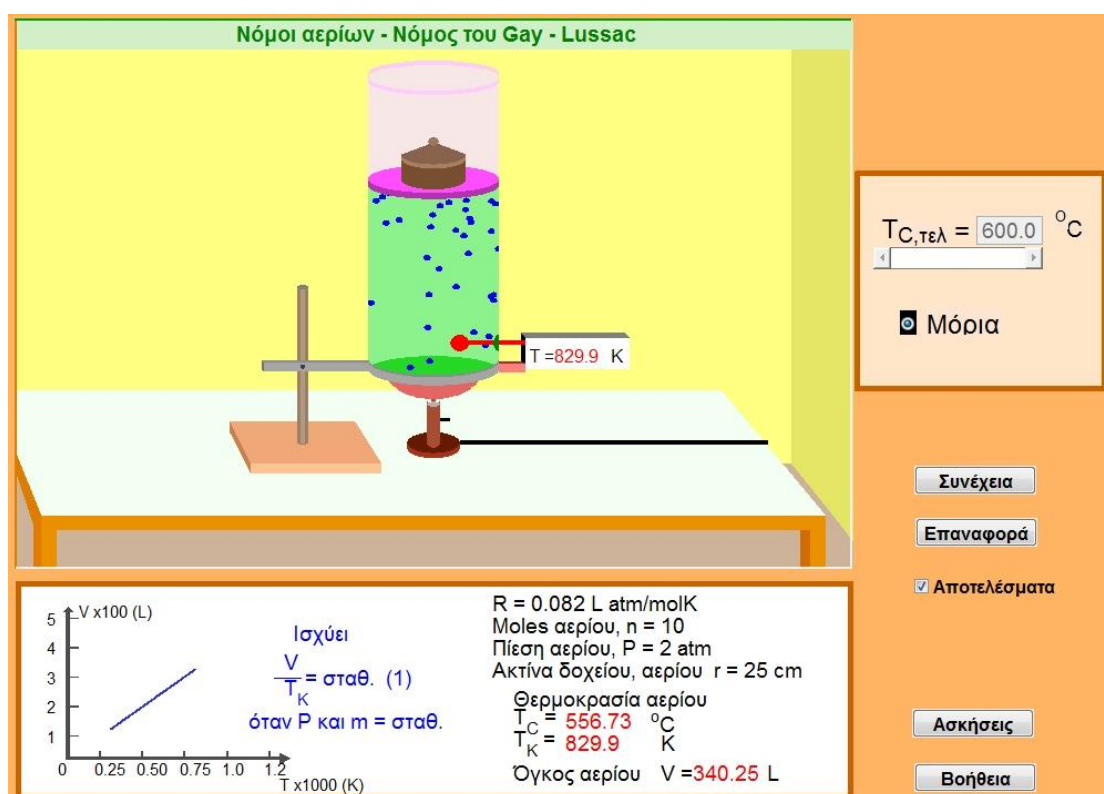


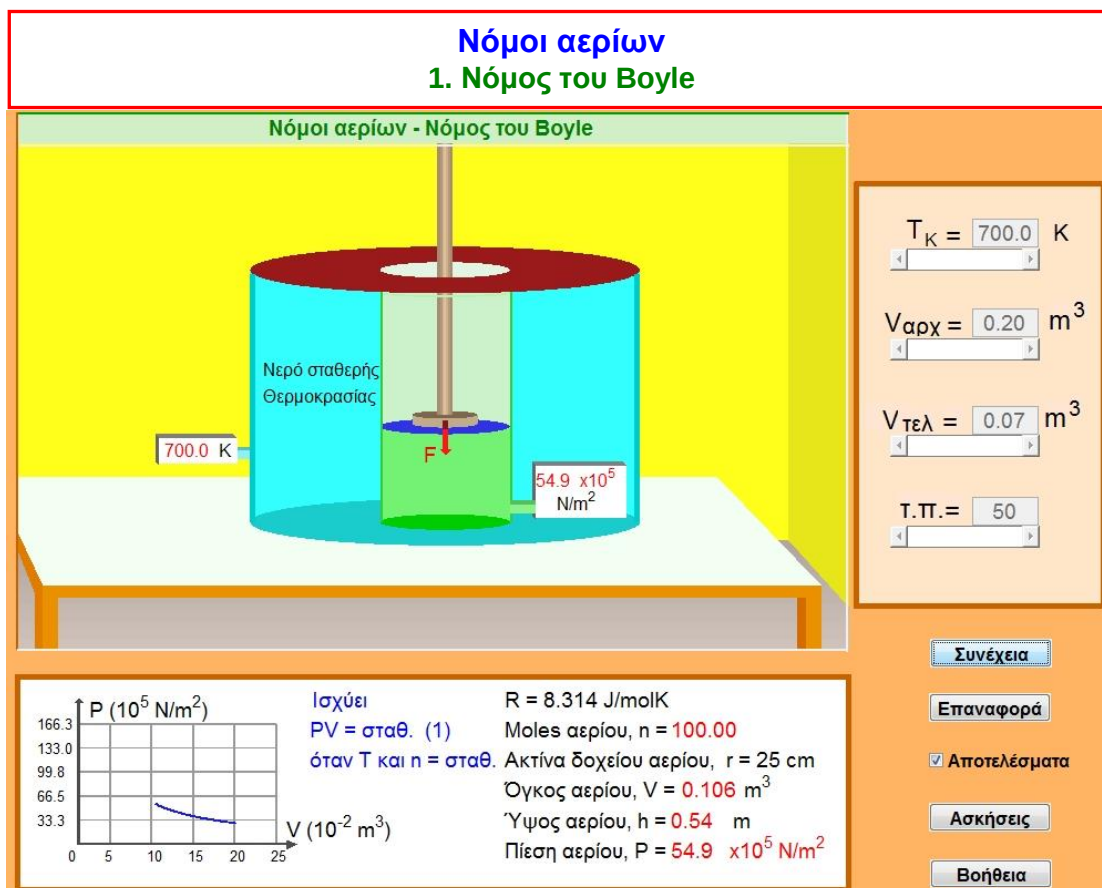
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΛΥΚΕΙΟΥ

Κινητική θεωρία αερίων



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Νόμοι αερίων	
1. Νόμος του Boyle	3
2. Νόμος του Charles	5
3. Νόμος του Gay - Lussac	7
4. Κυκλική μεταβολή αερίου – Εφαρμογή 1	9
5. Εφαρμογή 2	11
6. Εφαρμογή 3	13
2. Καταστατική εξίσωση αερίων	15
3. Κατανομή Boltzmann	17



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση του νόμου Boyle για τα ιδανικά αέρια. Σύμφωνα με τον νόμο του Boyle η πίεση P ενός αερίου είναι αντίστροφα ανάλογη του όγκου του V όταν η μάζα m και η θερμοκρασία του T_K παραμένουν σταθερές. Η εξίσωση του νόμου είναι

$$PV = \text{σταθ.}$$

όταν $m = \text{σταθ.}$ και $T_K = \text{σταθ.}$

Στην προσομοίωση δείχνεται η μεταβολή του όγκου αερίου σε δοχείο που περιβάλλεται από μεγαλύτερο δοχείο με νερό σταθερής θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία T_K του αερίου είναι ίση με τη θερμοκρασία του νερού. Τα γραμμομόρια (moles) του αερίου παραμένουν σταθερά και ίσα με 100.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει τη θερμοκρασία, τον αρχικό και τον τελικό όγκο του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές της πίεσης καθώς και τη γραφική παράσταση του όγκου σε σχέση με την πίεση. Όπως προκύπτει η πίεση ενός αερίου είναι αντίστροφα ανάλογη του όγκου του, όταν η μάζα και η θερμοκρασία του παραμένουν σταθερές.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:
Με την προσομοίωση κατανοείται ο νόμος Boyle για τα ιδανικά αέρια.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T_K

Η θερμοκρασία του αερίου

Παίρνει τιμές από 300 ως 1000 K

2. Vαρχ

Ο αρχικός όγκος του αερίου

Παίρνει τιμές από 0.12 ως 0.25 m³

3. Vτελ

Ο τελικός όγκος του αερίου

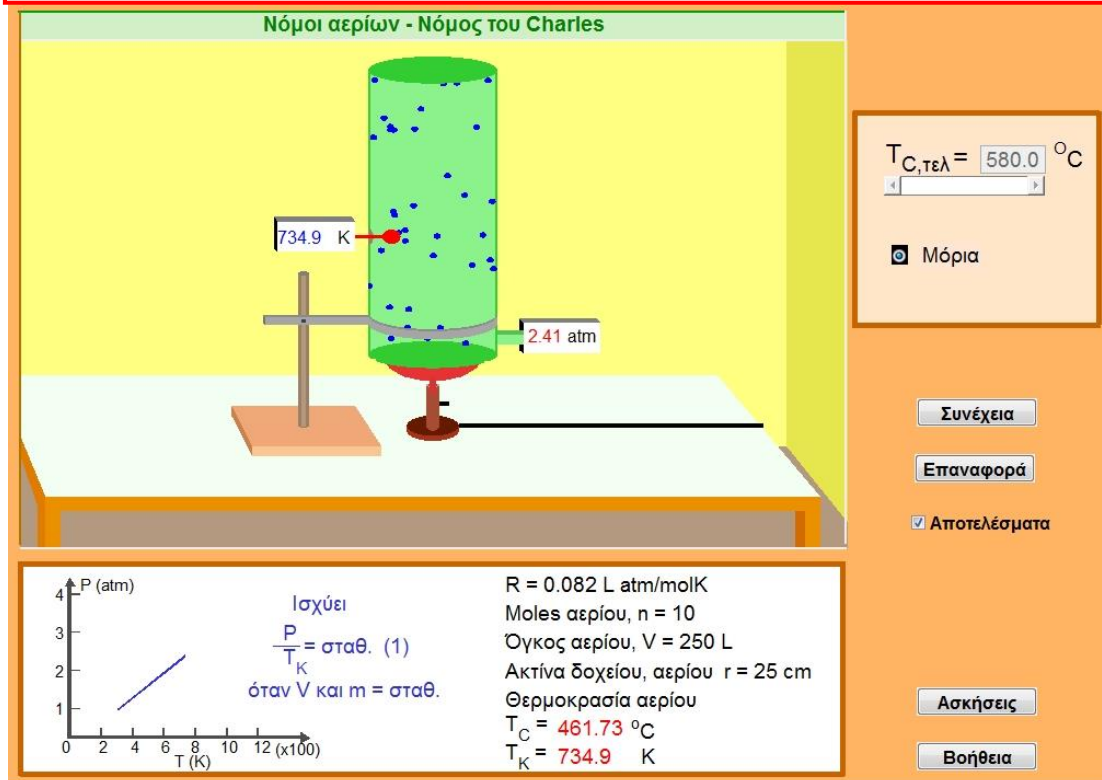
Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.10 m³

4. τ.π.

Η ταχύτητα της προσομοίωσης

Παίρνει τιμές από 1 ως 100

Νόμοι αερίων 2. Νόμος του Charles



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση του νόμου Charles για τα ιδανικά αέρια.

Σύμφωνα με τον νόμο του Charles η πίεση P ενός αερίου είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας του T_K όταν η μάζα m και ο όγκος του V διατηρούνται σταθερά. Η εξίσωση του νόμου είναι

$$\frac{P}{T_K} = \text{σταθ.}$$

όταν $m = \text{σταθ.}$ και $V = \text{σταθ.}$

Στην προσομοίωση δείχνεται η μεταβολή της πίεσης αερίου καθώς θερμαίνεται. Το αέριο έχει σταθερό όγκο 250 λίτρα και σταθερή μάζα ίση με 10 γραμμομόρια (moles).

Η αρχική θερμοκρασία του αερίου είναι $31.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλλει την τελική θερμοκρασία του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές της πίεσης καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τη θερμοκρασία.

Όπως προκύπτει η πίεση ενός αερίου είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του αερίου όταν ο όγκος και η μάζα του διατηρούνται σταθερά.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

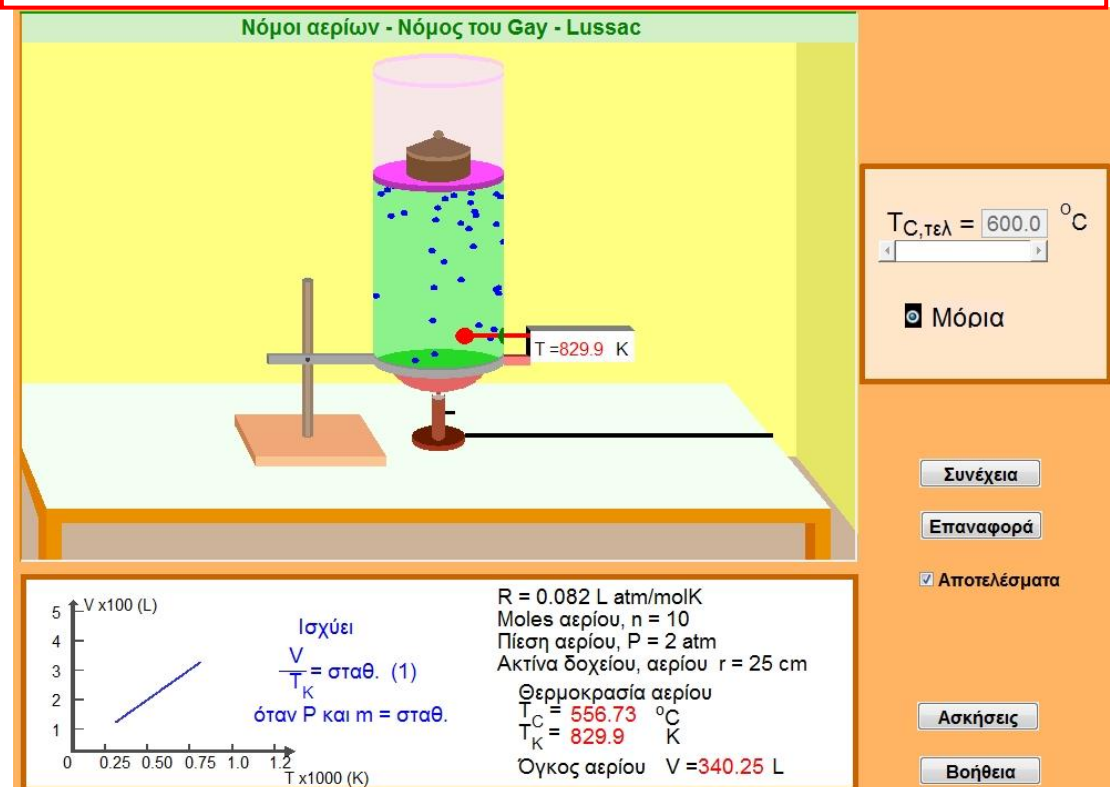
Με την προσομοίωση κατανοείται ο νόμος Charles για τα ιδανικά αέρια.

Παράμετροι Προγράμματος

1. $T_{C,τελ}$

Η θερμοκρασία του αερίου
Παίρνει τιμές από 184 ως 946 °C

Νόμοι αερίων 3. Νόμος του Gay - Lussac



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση του νόμου του Gay Lussac για τα ιδανικά αέρια.

Σύμφωνα με τον νόμο του Gay Lussac ο όγκος V ενός αερίου είναι ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας του T_K όταν η μάζα m και η πίεση του P διατηρούνται σταθερά. Η εξίσωση του νόμου είναι

$$\frac{V}{T_K} = \text{σταθ.}$$

όταν m = σταθ. και P = σταθ.

Στην προσομοίωση δείχνεται η μεταβολή του όγκου αερίου καθώς θερμαίνεται. Το αέριο έχει σταθερή πίεση ίση με 2 atm και σταθερή μάζα ίση με 10 γραμμομόρια (moles).

Η αρχική θερμοκρασία του αερίου είναι 31.7 °C

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει την τελική θερμοκρασία του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου καθώς και τη γραφική παράσταση του όγκου σε σχέση με τη θερμοκρασία.

Όπως προκύπτει ο όγκος ενός αερίου είναι ανάλογος της θερμοκρασίας του αερίου όταν η πίεση και η μάζα του διατηρούνται σταθερά.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται ο νόμος Gay Lussac για τα ιδανικά αέρια.

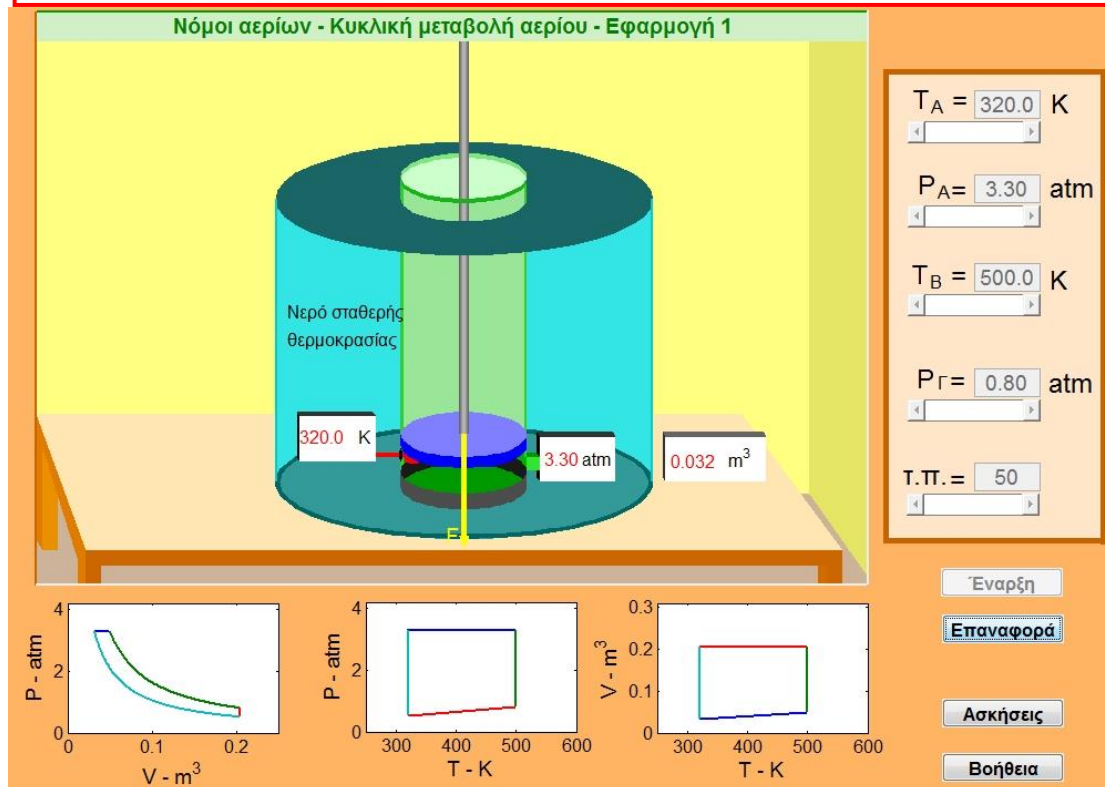
Παράμετροι Προγράμματος

1. T_{C,τελ}

Η τελική θερμοκρασία του αερίου
Παίρνει τιμές από 184 ως 946 °C

Νόμοι αερίων

4. Κυκλική μεταβολή αερίου – Εφαρμογή 1



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της κυκλικής μεταβολής ενός ιδανικού αερίου.

Στην προσομοίωση το αέριο υφίσταται τέσσερις μεταβολές.

Στη πρώτη μεταβολή το αέριο υφίσταται ισοβαρή θέρμανση οπότε ισχύει ο νόμος του Charles.

Σύμφωνα με τον νόμο του Charles η πίεση P ενός αερίου είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας του T_K όταν η μάζα m και ο όγκος του V διατηρούνται σταθερά. Η εξίσωση του νόμου είναι

$$\frac{P}{T_K} = \text{σταθ.}$$

όταν $m = \text{σταθ.}$ και $V = \text{σταθ.}$

Στη δεύτερη μεταβολή το αέριο υφίσταται ισόθερμη εκτόνωση οπότε ισχύει ο νόμος του Boyle.

Σύμφωνα με τον νόμο του Boyle η πίεση P ενός αερίου είναι αντίστροφα ανάλογη του όγκου του V όταν η μάζα m και η θερμοκρασία του T_K παραμένουν σταθερές, Η εξίσωση του νόμου είναι

$$PV = \text{σταθ.}$$

όταν $m = \text{σταθ.}$ και $T_K = \text{σταθ.}$

Στη τρίτη μεταβολή το αέριο υφίσταται ισόχωρη ψύξη οπότε ισχύει ο νόμος του Gay Lussac.

Σύμφωνα με τον νόμο του Gay Lussac ο όγκος V ενός αερίου είναι ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας του T_K όταν η μάζα m και η πίεση του P διατηρούνται σταθερά. Η εξίσωση του νόμου είναι

$$\frac{V}{T_K} = \text{σταθ.}$$

όταν $m = \text{σταθ.}$ και $P = \text{σταθ.}$

Στην τέταρτη μεταβολή το αέριο υφίσταται ισόθερμη συμπίεση οπότε ισχύει ο νόμος του Boyle.

Στην προσομοίωση δείχνεται η μεταβολή αερίου τεσσάρων γραμμομορίων.

Στην αρχική κατάσταση Α το αέριο έχει πίεση P_A , όγκο V_A και θερμοκρασία T_A .

Από την κατάσταση Α το αέριο μεταβαίνει με ισοβαρή θέρμανση στην κατάσταση Β όπου έχει πίεση P_B , όγκο V_B και θερμοκρασία T_B .

Από την κατάσταση Β το αέριο μεταβαίνει με ισόθερμη εκτόνωση στην κατάσταση Γ όπου έχει πίεση P_Γ , όγκο V_Γ και θερμοκρασία T_Γ .

Από την κατάσταση Γ το αέριο μεταβαίνει με ισόχωρη ψύξη στην κατάσταση Δ όπου έχει πίεση P_Δ , όγκο V_Δ και θερμοκρασία T_Δ .

Τέλος από την κατάσταση Δ το αέριο μεταβαίνει με ισόθερμη συμπίεση στην αρχική κατάσταση Α όπου έχει πίεση P_A , όγκο V_A και θερμοκρασία T_A .

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλλει την πίεση P_A , τη θερμοκρασία T_A , τη θερμοκρασία T_B , την πίεση P_Γ , να βλέπει την κυκλική μεταβολή του αερίου, τις γραφικές παραστάσεις των μεγεθών P , V , T σε άξονες V - P , T - P , T - V και τις αντίστοιχες τιμές τους.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η κυκλική μεταβολή ενός ιδανικού αερίου.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T_A

Η θερμοκρασία του αερίου στην κατάσταση Α.

Παίρνει τιμές από 300 ως 400 K.

2. P_A

Η πίεση του αερίου στην κατάσταση Α.

Παίρνει τιμές από 2 ως 4 atm.

3. T_B

Η θερμοκρασία του αερίου στην κατάσταση Β.

Παίρνει τιμές από 350 ως 550 K.

4. P_Γ

Η πίεση του αερίου στην κατάσταση Γ.

Παίρνει τιμές από 0.75 ως 1.5 atm.

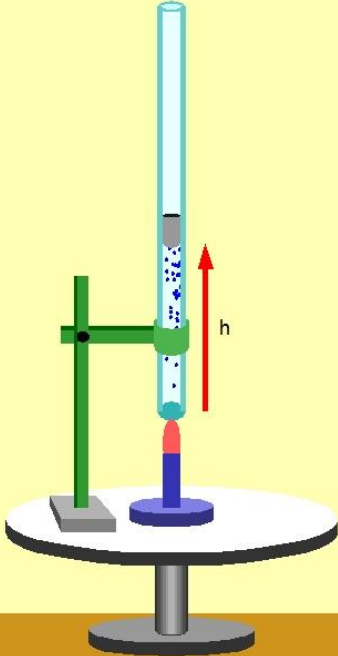
5. $\tau.π.$

Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Νόμοι αερίων 5. Εφαρμογή 2

Νόμοι αερίων - Εφαρμογή 2



$S = 0.0079 \text{ m}^2$
 $T_K = 366.3 \text{ K}$
 $T_C = 93.3 \text{ }^\circ\text{C}$
 $h = 0.63 \text{ m}$
 $V = 4909 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

$T_{C, \text{τελ}} = 200.0 \text{ }^\circ\text{C}$

$V = Sh \quad (1)$
 $\frac{V}{T_K} = \text{σταθ}$

☒ Αποτελέσματα

Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση του νόμου του Gay Lussac για τα ιδανικά αέρια.

Σύμφωνα με τον νόμο του Gay Lussac ο όγκος V ενός αερίου είναι ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας του T_K όταν η μάζα m και η πίεση του P διατηρούνται σταθερά. Η εξίσωση του νόμου είναι

$$\frac{V}{T_K} = \text{σταθ.}$$

όταν $m = \text{σταθ.}$ και $P = \text{σταθ.}$

Στην προσομοίωση δείχνεται η μεταβολή του όγκου ατμοσφαιρικού αέρα σε λεπτό κατακόρυφο σωλήνα με κλειστό το ένα άκρο του, καθώς θερμαίνεται.

Το άλλο άκρο του σωλήνα κλείνεται από μια σταγόνα υδραργύρου οπότε η μάζα του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στο σωλήνα είναι αμετάβλητη.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας έχει σταθερή πίεση ίση με 1 atm και σταθερή μάζα.

Η αρχική θερμοκρασία του αέρα είναι $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Η διατομή S του σωλήνα είναι 0.0079 m^2 .

Καθώς ο σωλήνας θερμαίνεται η σταγόνα υδραργύρου ανεβαίνει οπότε μεταβάλλεται και ο όγκος του ατμοσφαιρικού αέρα.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει την τελική θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου και της θερμοκρασίας του.

Όπως προκύπτει ο όγκος ενός αερίου είναι ανάλογος της θερμοκρασίας του αερίου όταν η πίεση και η μάζα του διατηρούνται σταθερά.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:
Με την προσομοίωση κατανοείται ο νόμος Gay Lussac για τα ιδανικά αέρια.

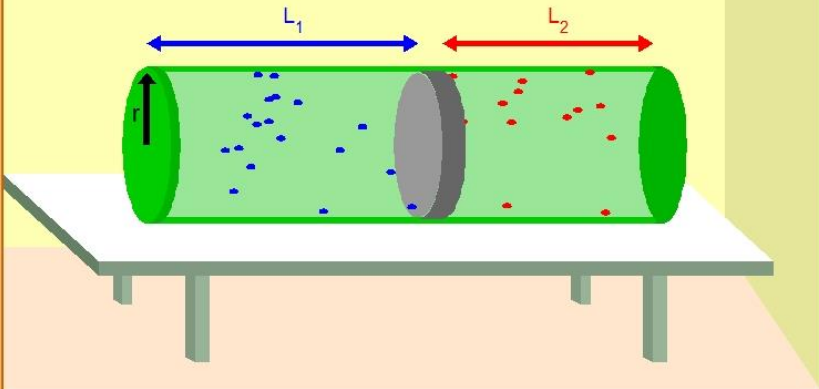
Παράμετροι Προγράμματος

1. $T_{C, \text{τελ}}$

Η τελική θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα.
Παίρνει τιμές από 30 ως 350 °C.

Νόμοι αερίων 6. Εφαρμογή 3

Νόμοι αερίων - Εφαρμογή 3



$n_1 = 9.0$ moles

$n_2 = 7.0$ moles

☒ **Αποτελέσματα**

$r = 0.25$ m	$L_1 = 0.56$ m	$P_1 = 6111.55$ Pa
$S = 0.196$ m ²	$L_2 = 0.44$ m	$P_2 = 6111.55$ Pa
$R = 8.314$ J/molK	$V_1 = 0.1104$ m ³	$P_1 V_1 = n_1 R T$ (1)
$T = 1000.0$ K	$V_2 = 0.0859$ m ³	$P_2 V_2 = n_2 R T$ (2)

Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της καταστατικής εξίσωσης για τα ιδανικά αέρια.

Σύμφωνα με την καταστατική εξίσωση των αερίων αν P η πίεση, V ο όγκος, n ο αριθμός των γραμμομορίων, T_K η απόλυτη θερμοκρασία ενός αερίου τότε ισχύει

$$PV = nRT_K \quad (1)$$

όπου

$$R = 8.314 \text{ J/molK} \text{ ή } R = 0.082 \text{ L} \cdot \text{atm/mol} \cdot \text{K}$$

είναι η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Η σχέση (1) λέγεται καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων.

Στην προσομοίωση δείχνεται κυλινδρικό δοχείο όγκου V που είναι χωρισμένο μέσω εμβόλου σε δύο μέρη, μέρος 1 και μέρος 2, με όγκο V_1 και V_2 αντίστοιχα. Το έμβολο είναι θερμικά αγωγίμο και μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Στο μέρος 1 περιέχονται n_1 γραμμομόρια αερίου και στο μέρος 2 περιέχονται n_2 γραμμομόρια αερίου.

Τα αέρια έχουν την ίδια απόλυτη θερμοκρασία T_K και πίεση P .

Για κάθε αέριο ισχύει

$$PV_1 = n_1 RT_K \quad (2)$$

$$PV_2 = n_2 RT_K \quad (3)$$

Αν S είναι το εμβαδό της βάσης του δοχείου και L_1, L_2 το μήκος κάθε μέρους ισχύει

$$V_1 = L_1 S \quad (4)$$

$$V_2 = L_2 S \quad (5)$$

Από τις σχέσεις (2), (3), (4) και (5) προκύπτει

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{L_1}{L_2} \quad (5)$$

Το μήκος του κυλινδρικού δοχείου είναι 1 m ,η ακτίνα της βάσης του 0.25 m, το εμβαδό της βάσης του 0.196 m² και ο όγκος του 0.196 m³.

Η απόλυτη θερμοκρασία των αερίων είναι 1000 K.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλλει τον αριθμό των γραμμομορίων n_1 και n_2 κάθε του αερίου και να βλέπει την μετακίνηση του διαφράγματος, τις αντίστοιχες των όγκων και της πίεσης κάθε αερίου..

Όπως προκύπτει κατά τη διάρκεια του πειράματος ισχύει η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. n_1

Το πλήθος των γραμμομορίων (moles) του ενός αερίου στο μέρος 1 του δοχείου

Παίρνει τιμές από 1 ως 10

2. n_2

Το πλήθος των γραμμομορίων (moles) του άλλου αερίου στο μέρος 2 του δοχείου

Παίρνει τιμές από 1 ως 10

7. Καταστατική εξίσωση αερίων

7. Καταστατική εξίσωση αερίων

Καταστατική εξίσωση αερίων

$n = 60.0$ moles
 $T_K = 700.0$ K
 $V = 0.120$ m³

☒ Αποτελέσματα

$R = 8.314 \text{ J/molK}$
 Moles αερίου, $n = 60.0$
 Ακτίνα δοχείου αερίου, $r = 25 \text{ cm}$
 Όγκος αερίου, $V = 0.120 \text{ m}^3$
 Ύψος αερίου, $h = 0.61 \text{ m}$
 Πίεση αερίου, $P = 29.1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

Ισχύει
 $PV = nRT \quad (1)$

Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της καταστατικής εξίσωσης για τα ιδανικά αέρια.

Σύμφωνα με την καταστατική εξίσωση των αερίων αν P η πίεση, V ο όγκος, n ο αριθμός των γραμμομορίων, T_K η απόλυτη θερμοκρασία ενός αερίου τότε ισχύει

$$PV = nRT_K. \quad (1)$$

όπου

$$R = 8.314 \text{ J/molK} \text{ ή } R = 0.082 \text{ L} \cdot \text{atm/mol} \cdot \text{K}$$

είναι η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Η σχέση (1) λέγεται καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων.

Στην προσομοίωση δείχνεται η μεταβολή του όγκου αερίου σε δοχείο που περιβάλλεται από μεγαλύτερο δοχείο με νερό. Η θερμοκρασία T_K του αερίου είναι ίση με τη θερμοκρασία του νερού.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει τη θερμοκρασία, τον αρχικό και τον τελικό όγκο, τον αριθμό των γραμμομορίων του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές της πίεσης καθώς και τη γραφική παράσταση του όγκου σε σχέση με την πίεση.

Όπως προκύπτει κατά τη διάρκεια του πειράματος ισχύει η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. n

Το πλήθος των γραμμομορίων (moles) του αερίου
Παίρνει τιμές από 20 ως 100

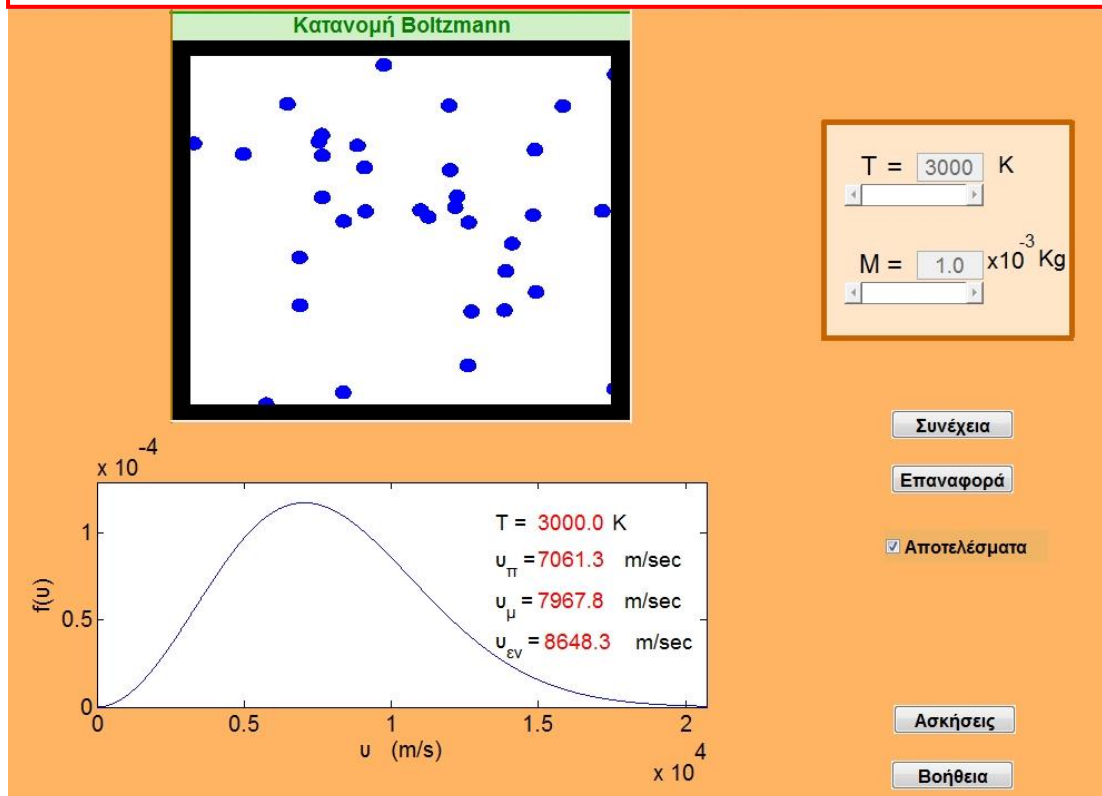
2. T_K

Η θερμοκρασία του αερίου
Παίρνει τιμές από 300 ως 1000 K

3. V

Ο όγκος του αερίου
Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.25 m³

8. Κατανομή Boltzmann



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της κατανομής Maxwell – Boltzmann (Μάξγουελ – Μπόλτςμαν).

Έστω δοχείο όγκου V περιέχεται αέριο N μορίων.

Η ταχύτητες των μορίων καλύπτουν μια ευρεία περιοχή από το μηδέν ως το άπειρο.

Η κατανομή Maxwell – Boltzmann (Μάξγουελ – Μπόλτςμαν) είναι μια συνάρτηση της ταχύτητας v των μορίων και δίνεται από τη σχέση

$$f(v) = \sqrt{\left(\frac{m}{2\pi KT}\right)^3} 4\pi v^2 e^{-\frac{mv^2}{2KT}} \quad (1)$$

όπου T η απόλυτη θερμοκρασία του αερίου, m η μάζα του μορίου,

$$K = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

η σταθερά του Boltzmann και

$$e = 2.718$$

η σταθερά του Euler (Οΐλερ).

Αν M η γραμμομοριακή μάζα, η μάζα m του μορίου δίνεται από τη σχέση

$$m = \frac{M}{N_A} \quad (2)$$

όπου

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ μόρια/mol}$$

η σταθερή του Avogadro.

Η $f(v)$ ισούται με το ποσοστό των μορίων που έχουν ταχύτητες από v ως $v+dv$ όπου dv μια πάρα πολύ μικρή μεταβολή της ταχύτητας.

Η $f(v)$ παίρνει τιμές από 0 ως 1 και μηδενίζεται όταν v ισούται με μηδέν και όταν v τείνει στο άπειρο.

Το γινόμενο $Nf(v)dv$ ισούται με τον αριθμό των μορίων που έχουν ταχύτητα από v ως $v+dv$.

Η πλέον πιθανή ταχύτητα των μορίων δίνεται από τη σχέση

$$v_{\pi} = \sqrt{\frac{2KT}{m}} \quad (3)$$

Η μέση ταχύτητα των μορίων

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots}{N}} \quad (4)$$

αποδεικνύεται ότι δίνεται από τη σχέση

$$\bar{v} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} v_{\pi} \quad (5)$$

Η ενεργός ταχύτητα των μορίων

$$v_{ev} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots}{N}} \quad (6)$$

αποδεικνύεται ότι δίνεται από τη σχέση

$$v_{ev} = \sqrt{\frac{3}{2}} v_{\pi} \quad (7)$$

Από τις σχέσεις (3), (5) και (7) προκύπτει

$$v_{\pi} < \bar{v} < v_{ev} \quad (8)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η μορφή της κατανομής Maxwell – Boltzmann ενός αερίου για διάφορες τιμές της απόλυτης θερμοκρασίας T και της γραμμομοριακής μάζας M .

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλλει την απόλυτη θερμοκρασία T , τη γραμμομοριακή μάζα M του αερίου και να βλέπει την αντίστοιχη μορφή της κατανομής Maxwell – Boltzmann καθώς και τις τιμές της πλέον πιθανής, της μέσης και της ενεργού ταχύτητας των μορίων.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η κατανομή Maxwell – Boltzmann.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T

Η απόλυτη θερμοκρασία του αερίου

Παίρνει τιμές από 200 ως 6000 K

2. M

Η γραμμομοριακή μάζα του αερίου

Παίρνει τιμές από 10^{-3} ως $5 \cdot 10^{-3}$ kg