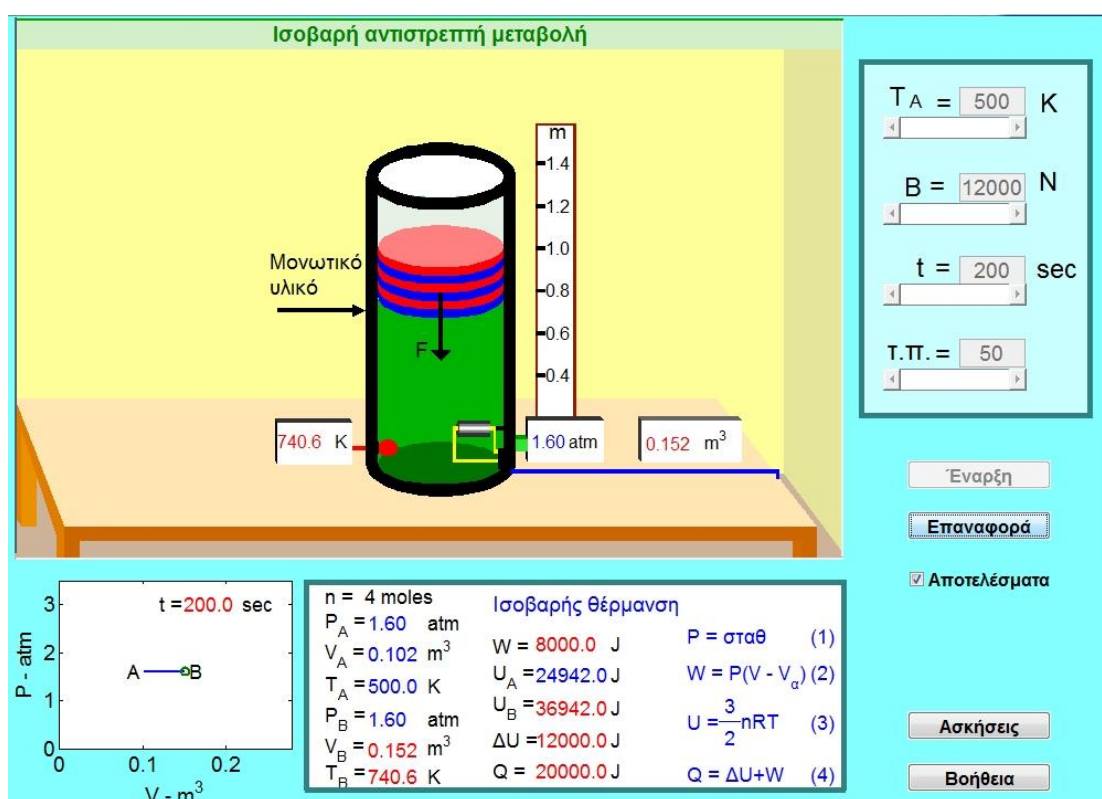


ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΛΥΚΕΙΟΥ

Θερμοδυναμική

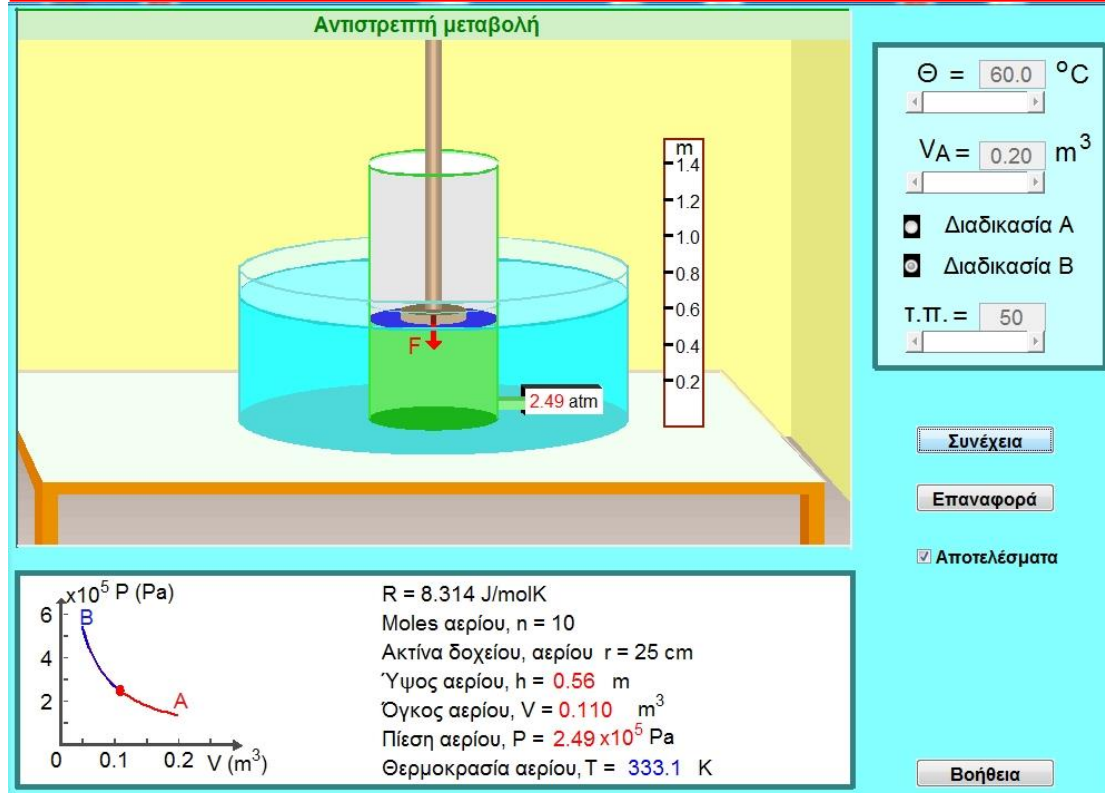


ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος	
1. Αντιστρεπτή μεταβολή	3
2. Μη αντιστρεπτή μεταβολή	5
3. Ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή	7
4. Ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή	10
5. Ισοβαρής αντιστρεπτή μεταβολή	12
6. Αδιαβατική αντιστρεπτή μεταβολή	14
7. Κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή αερίου	17
2. Γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες αερίων	
8. Γραμμομοριακή ειδική θερμότητα σε ισόχωρη μεταβολή αερίου	19
9. Γραμμομοριακή ειδική θερμότητα σε ισοβαρή μεταβολή αερίου	22
3. Θερμικές μηχανές	
10. Η θερμική μηχανή του Carnot	25
11. Η θερμική μηχανή του Otto	28
4. Εντροπία	
12. Μεταβολή εντροπίας στην ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή	31
13. Μεταβολή εντροπίας στην ελεύθερη εκτόνωση	34
14. Μεταβολή εντροπίας σε κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή	37
5. Εφαρμογές	
15. Κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή	39
16. Ισοβαρής αντιστρεπτή μεταβολή	42
17. Αδιαβατική αντιστρεπτή μεταβολή	45
18. Κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή	48
19. Ισοβαρής αντιστρεπτή μεταβολή	51
20. Λειτουργία βενζοκινητήρα	54

Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος

1. Αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της αντιστρεπτής μεταβολής για τα ιδανικά αέρια.

Ένα ιδανικό αέριο βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας αν η πίεση και θερμοκρασία του έχουν τις ίδιες τιμές σε όλο τον χώρο που καταλαμβάνει το αέριο.

Μια μεταβολή ιδανικού αερίου κατά την οποία το ιδανικό αέριο μεταβαίνει από μια αρχική κατάσταση ισορροπίας σε μια τελική κατάσταση ισορροπίας μέσω διαδοχικών καταστάσεων ισορροπίας ονομάζεται αντιστρεπτή.

Η αντιστρεπτή μεταβολή μπορεί να πραγματοποιηθεί και αντίστροφα.

Μια αντιστρεπτή μεταβολή από μια κατάσταση A σε μια κατάσταση B παριστάνεται με μια συνεχή γραμμή με άκρα τα A και B.

Μια μη αντιστρεπτή μεταβολή από μια κατάσταση A σε μια κατάσταση B δεν μπορεί να παρασταθεί γραφικά.

Στην προσομοίωση δείχνεται αντιστρεπτή μεταβολή ιδανικού αερίου. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 10 γραμμομόρια (moles).

Στην αρχική κατάσταση A το αέριο έχει θερμοκρασία Θ και όγκο V_A .

Κατά τη διάρκεια της μεταβολής η θερμοκρασία παραμένει σταθερή

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει τη θερμοκρασία Θ και τον αρχικό V_A .

Αν επιλεγεί η διαδικασία A τότε το αέριο υποβάλλεται αρχικά σε ισόθερμη εκτόνωση μέχρι ο όγκος του να γίνει 0.25 m^3 και στη συνέχεια σε ισόθερμη συμπίεση μέχρι τον αρχικό όγκο.

Αν επιλεγεί η διαδικασία B τότε το αέριο υποβάλλεται αρχικά σε ισόθερμη συμπίεση μέχρι ο όγκος του να γίνει 0.05 m^3 και στη συνέχεια σε ισόθερμη εκτόνωση μέχρι τον αρχικό όγκο.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η αντιστρεπτή μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. Θ

Η θερμοκρασία του αερίου

Παίρνει τιμές από 20 ως 90 °C

2. V_A

Ο όγκος του αερίου στην αρχική κατάσταση

Παίρνει τιμές από 0.1 ως 0.2 m^3

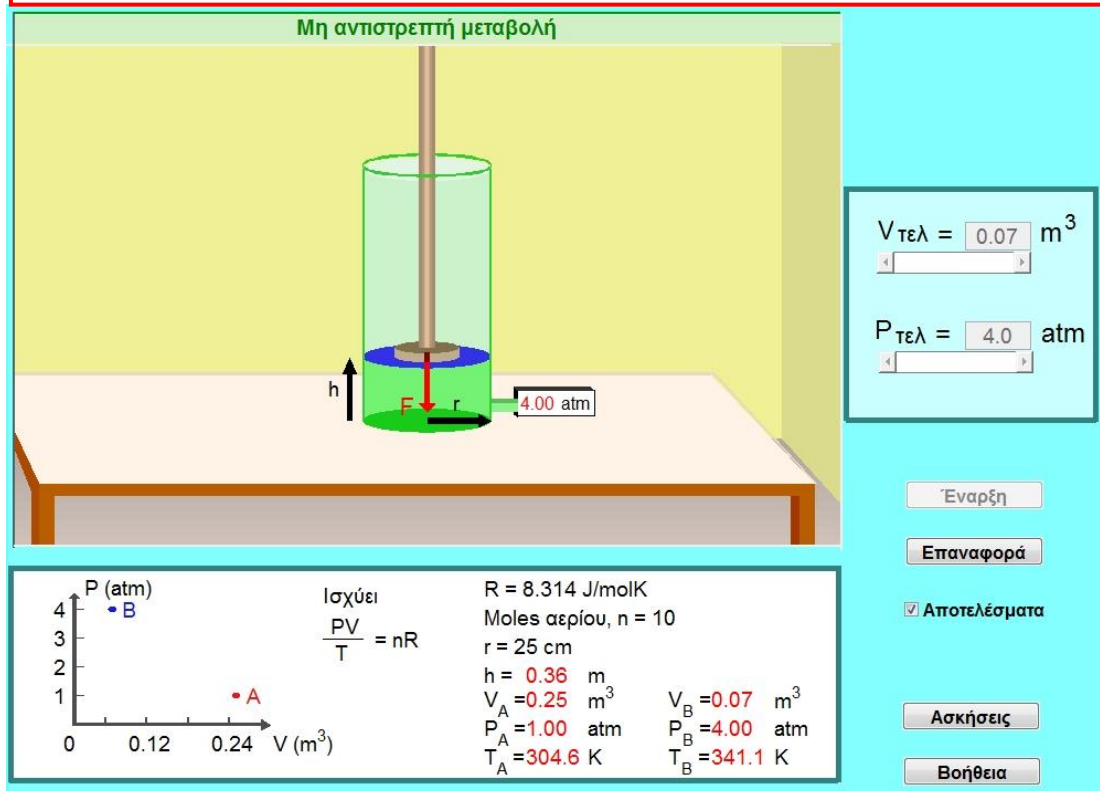
4. τ.π.

Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος 2. Μη αντιστρεπτική μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της μη αντιστρεπτικής μεταβολής για τα ιδανικά αέρια.

Ένα ιδανικό αέριο βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας αν η πίεση και θερμοκρασία του έχουν τις ίδιες τιμές σε όλο τον χώρο που καταλαμβάνει το αέριο.

Μια μεταβολή ιδανικού αερίου κατά την οποία το ιδανικό αέριο μεταβαίνει από μια αρχική κατάσταση ισορροπίας σε μια τελική κατάσταση ισορροπίας μέσω διαδοχικών καταστάσεων ισορροπίας ονομάζεται αντιστρεπτή.

Η αντιστρεπτή μεταβολή μπορεί να πραγματοποιηθεί και αντίστροφα.

Μια αντιστρεπτή μεταβολή από μια κατάσταση A σε μια κατάσταση B παριστάνεται με μια συνεχή γραμμή με άκρα τα A και B.

Μια μη αντιστρεπτή μεταβολή από μια κατάσταση A σε μια κατάσταση B δεν μπορεί να παρασταθεί γραφικά.

Στην προσομοίωση δείχνεται μη αντιστρεπτή μεταβολή ιδανικού αερίου. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 10 γραμμομόρια (moles).

Στην αρχική κατάσταση A το αέριο έχει πίεση 1 atm, όγκο 0.25 m³ και θερμοκρασία 304.6 K.

Στην τελική κατάσταση B το αέριο έχει πίεση P_B , όγκο V_B και θερμοκρασία T_B

Κατά τη διάρκεια της μεταβολής ισχύει

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B} = nR \quad (1)$$

όπου $n=10$ είναι το πλήθος των γραμμομορίων και $R = 8.314 \text{ J/molK}$ η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Κατά τη διάρκεια της μετάβασης από την κατάσταση A στην κατάσταση B το ιδανικό αέριο δεν βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας και άρα δεν περιγράφεται από κάποιο νόμο των παραμέτρων P , V , T και n .

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει τον αρχικό V_A και τελικό V_B όγκο, καθώς και την τελική πίεση P_B του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V , της πίεσης P , της θερμοκρασίας T καθώς και τις καταστάσεις A και B σε διάγραμμα της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η μη αντιστρεπτή μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. $V_{\text{τελ}}$

Ο όγκος του αερίου στην τελική κατάσταση

Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.1 m³

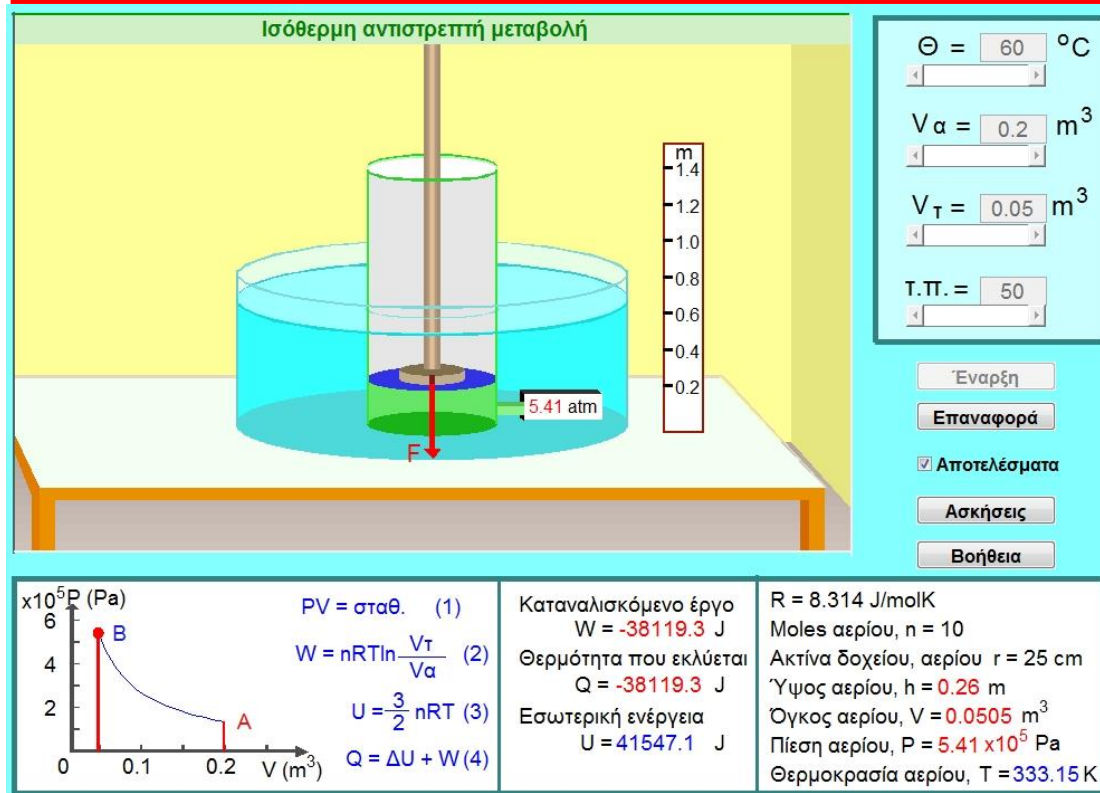
2. $P_{\text{τελ}}$

Ο πίεση του αερίου στην τελική κατάσταση

Παίρνει τιμές από 3 ως 5 atm

Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος

3. Ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της ισόθερμης αντιστρεπτής μεταβολής για τα ιδανικά αέρια.

Η ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή ενός ιδανικού αερίου γίνεται σε σταθερή θερμοκρασία.

Έστω το ιδανικό αέριο μεταβαίνει από την αρχική κατάσταση A στην τελική κατάσταση B και η μεταβολή γίνεται με σταθερή θερμοκρασία T σε βαθμούς Kelvin. Αν V_a είναι ο όγκος του στην κατάσταση A και V_T ο όγκος του στην κατάσταση B τότε το παραγόμενο (ή καταναλισκόμενο) από το αέριο μηχανικό έργο δίνεται από τη σχέση

$$W = nRT \ln \frac{V_T}{V_a} \quad (1)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και $R = 8.314 \text{ J/molK}$ η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Η εσωτερική ενέργεια U_A στην κατάσταση A δίνεται από τη σχέση

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (2)$$

ενώ στην κατάσταση B από τη σχέση

$$U_B = \frac{3}{2} nRT_B \quad (3)$$

Επειδή στην ισόθερμη μεταβολή η θερμοκρασία παραμένει σταθερή ισχύει

$$T_A = T_B = T \quad (4)$$

Οπότε η μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας στην ισόθερμη μεταβολή ισούται

$$\Delta U = U_B - U_A = 0 \quad (5)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q = \Delta U + W \quad (6)$$

όπου Q το ποσό της θερμότητας που απορροφά (ή εκλύει) το αέριο κατά την μετάβασή του από την κατάσταση A στην κατάσταση B .

Από τις σχέσεις (5) και (6) προκύπτει ότι στην ισόθερμη μεταβολή ισχύει

$$Q = W \quad (7)$$

Από τις σχέσεις (1) και (7) προκύπτει

$$Q = nRT \ln \frac{V_t}{V_a} \quad (8)$$

Επίσης στην ισόθερμη μεταβολή επειδή η θερμοκρασία παραμένει σταθερή ισχύει η σχέση

$$PV = \text{σταθ.} \quad (9)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η ισόθερμη συμπίεση ιδανικού αερίου. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 10 γραμμομόρια (moles).

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει τον αρχικό και τελικό όγκο, καθώς και την θερμοκρασία του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V , της πίεσης P , της θερμοκρασίας T , του καταναλισκόμενου μηχανικού έργου W , της εκλυόμενης θερμότητας Q , της εσωτερικής ενέργειας U καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Σχόλιο:

Όπως προκύπτει από τη σχέση (1) αν ο τελικός όγκος V_t είναι μεγαλύτερος του αρχικού όγκου V_a το μηχανικό έργο είναι θετικό και τότε λέμε ότι το αέριο παράγει μηχανικό έργο.

Αν ο τελικός όγκος V_t είναι μικρότερος του αρχικού όγκου V_a το μηχανικό έργο είναι αρνητικό και τότε λέμε ότι το αέριο καταναλώνει μηχανικό έργο.

Όμοια αν η θερμότητα Q είναι θετική τότε λέμε ότι το αέριο απορροφά θερμότητα ενώ αν είναι αρνητική ότι εκλύει (αποδίδει) θερμότητα.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η ισόθερμη μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. Θ

Η θερμοκρασία του αερίου

Παίρνει τιμές από 20 ως 90 °C

2. V_a

Ο όγκος του αερίου στην αρχική κατάσταση

Παίρνει τιμές από 0.1 ως 0.25 m³

3. V_T

Ο όγκος του αερίου στην τελική κατάσταση

Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.2 m³

4. τ.π.

Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

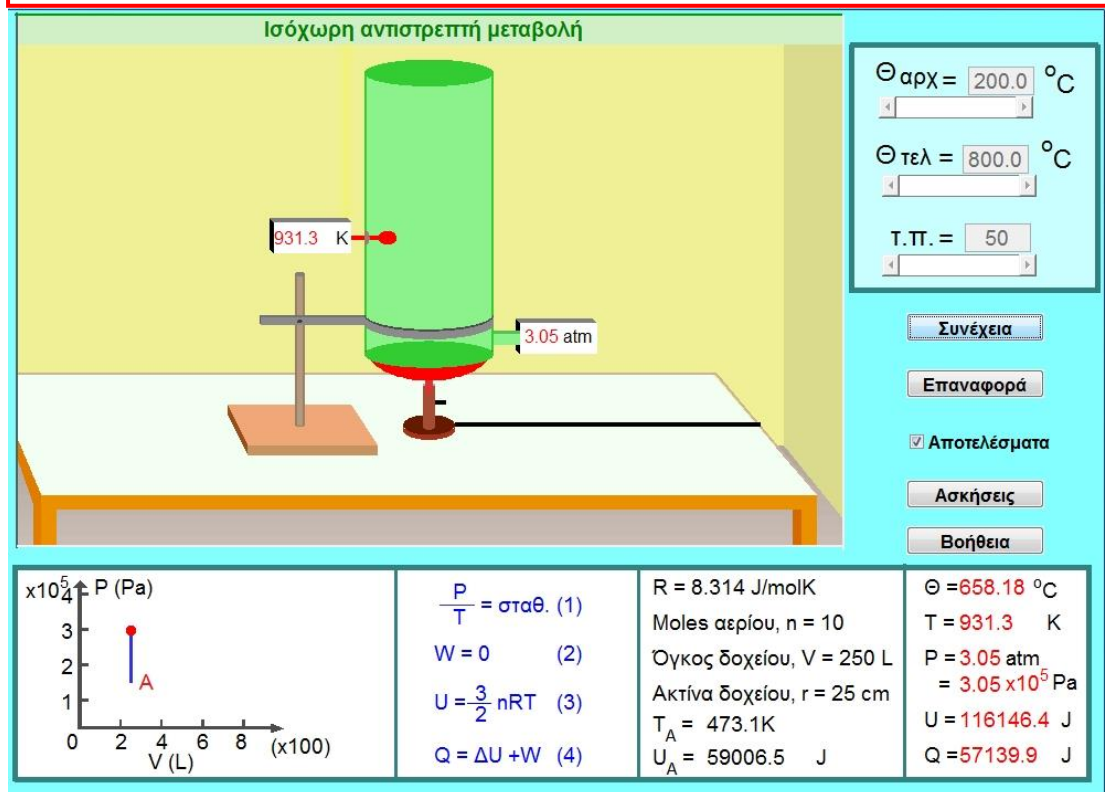
5. τ.π.

Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος

4. Ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της ισόχωρης αντιστρεπτής μεταβολής για τα ιδανικά αέρια.

Η ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή ενός ιδανικού αερίου γίνεται με σταθερό όγκο.

Έστω το ιδανικό αέριο μεταβαίνει από την αρχική κατάσταση A στην τελική κατάσταση B και η μεταβολή γίνεται με σταθερό όγκο.

Επειδή ο όγκος παραμένει σταθερός το παραγόμενο (ή καταναλισκόμενο) από το αέριο μηχανικό έργο είναι μηδενικό, δηλαδή

$$W = 0 \quad (1)$$

Αν T_A είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση A η εσωτερική ενέργεια U_A δίνεται από τη σχέση

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (2)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και $R = 8.314 \text{ J/molK}$ η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Αν T_B είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση B η εσωτερική ενέργεια U_B δίνεται από τη σχέση

$$U_B = \frac{3}{2} nRT_B \quad (3)$$

Η μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας στην ισόχωρη μεταβολή ισούται

$$\Delta U = U_B - U_A \quad (4)$$

Από τις σχέσεις (4) , (5) και (6) προκύπτει

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) \quad (5)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q = \Delta U + W \quad (6)$$

όπου Q το ποσό της θερμότητας που απορροφά (ή εκλύει) το αέριο κατά την μετάβασή του από την κατάσταση A στην κατάσταση B.

Από τις σχέσεις (1) και (6) προκύπτει ότι στην ισόχωρη μεταβολή ισχύει

$$Q = \Delta U \quad (7)$$

Από τις σχέσεις (5) και (7) προκύπτει

$$Q = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) \quad (8)$$

Επίσης στην ισόχωρη μεταβολή επειδή ο όγκος παραμένει σταθερός ισχύει η σχέση

$$\frac{P}{T} = \text{σταθ.} \quad (9)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η ισόχωρη θέρμανση ιδανικού αερίου. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 10 γραμμομόρια (moles) και αρχική απόλυτη θερμοκρασία 304,88 K.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει την τελική θερμοκρασία του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές της πίεσης P, της θερμοκρασίας T, της εκλυόμενης θερμότητας Q, της εσωτερικής ενέργειας U καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Σχόλιο:

Όπως προκύπτει από τη σχέση (8) αν η τελική θερμοκρασία T_B είναι μεγαλύτερη της αρχικής T_A η θερμότητα Q είναι θετική και τότε λέμε ότι το αέριο απορροφά θερμότητα ενώ η αντίστοιχη μεταβολή λέγεται ισόχωρη θέρμανση.

Αντίθετα, αν η θερμότητα Q είναι αρνητική τότε λέμε ότι το αέριο εκλύει (αποδίδει) θερμότητα ενώ η αντίστοιχη μεταβολή λέγεται ισόχωρη ψύξη.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η ισόχωρη μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. $\Theta_{\text{τελ}}$

Η τελική θερμοκρασία του αερίου.

Παίρνει τιμές από 190 ως 940 °C.

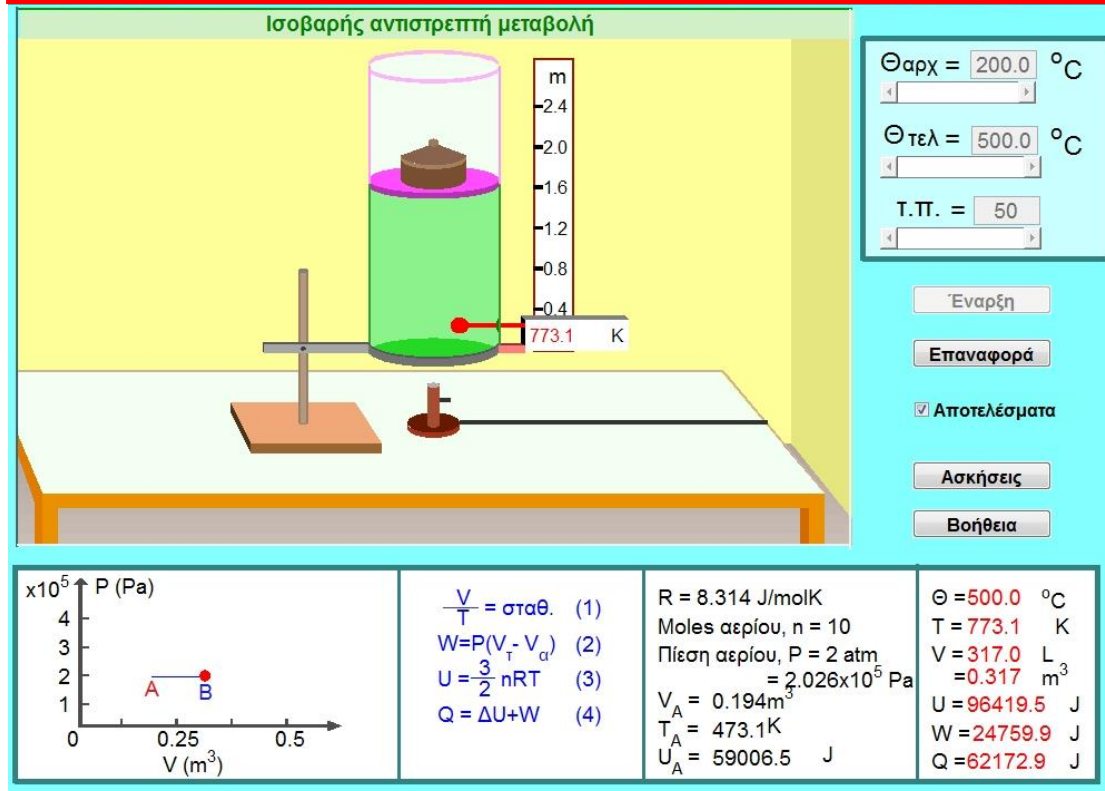
2. $\tau.π.$

Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος 5. Ισοβαρής αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της ισοβαρής αντιστρεπτής μεταβολής για τα ιδανικά αέρια.

Η ισοβαρή αντιστρεπτή μεταβολή ενός ιδανικού αερίου γίνεται σε σταθερή πίεση. Έστω το ιδανικό αέριο μεταβαίνει από την αρχική κατάσταση A στην τελική κατάσταση B και η μεταβολή γίνεται με σταθερό πίεση P.

Αν V_A είναι ο όγκος του στην κατάσταση A και V_f ο όγκος του στην κατάσταση B τότε το παραγόμενο (ή καταναλισκόμενο) από το αέριο μηχανικό έργο δίνεται από τη σχέση

$$W = P(V_f - V_A) \quad (1)$$

Αν T_A είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση A η εσωτερική ενέργεια U_A δίνεται από τη σχέση

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (2)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και $R = 8.314 \text{ J/molK}$ η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Αν T_B είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση B η εσωτερική ενέργεια U_B δίνεται από τη σχέση

$$U_B = \frac{3}{2} nRT_B \quad (3)$$

Η μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας στην ισόχωρη μεταβολή ισούται

$$\Delta U = U_B - U_A \quad (4)$$

Από τις σχέσεις (4) , (5) και (6) προκύπτει

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) \quad (5)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q = \Delta U + W \quad (6)$$

όπου Q το ποσό της θερμότητας που απορροφά (ή εκλύει) το αέριο κατά την μετάβαση του από την κατάσταση A στην κατάσταση B.

Επίσης στην ισοβαρή μεταβολή επειδή η πίεση παραμένει σταθερή ισχύει η σχέση

$$\frac{V}{T} = \text{σταθ.} \quad (7)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η ισοβαρή θέρμανση ιδανικού αερίου. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 10 γραμμομόρια (moles), αρχική θερμοκρασία 304.88 K και σταθερή πίεση 2 atm .

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει την τελική θερμοκρασία του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V, της θερμοκρασίας T, του παραγόμενου μηχανικού έργου W, της απορροφούμενης θερμότητας Q, της εσωτερικής ενέργειας U καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Σχόλιο:

Όπως προκύπτει από τη σχέση (1) αν ο τελικός όγκος V_τ είναι μεγαλύτερος του αρχικού όγκου V_α το μηχανικό έργο είναι θετικό και τότε λέμε ότι το αέριο παράγει μηχανικό έργο.

Αν ο τελικός όγκος V_τ είναι μικρότερος του αρχικού όγκου V_α το μηχανικό έργο είναι αρνητικό και τότε λέμε ότι το αέριο καταναλώνει μηχανικό έργο.

Όμοια αν η θερμότητα Q είναι θετική τότε λέμε ότι το αέριο απορροφά θερμότητα ενώ αν είναι αρνητική ότι εκλύει (αποδίδει) θερμότητα.

.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η ισοβαρή μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. Θ_{τελ}

Η τελική θερμοκρασία του αερίου.

Παίρνει τιμές από 190 ως 940 °C.

2. τ.π.

Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

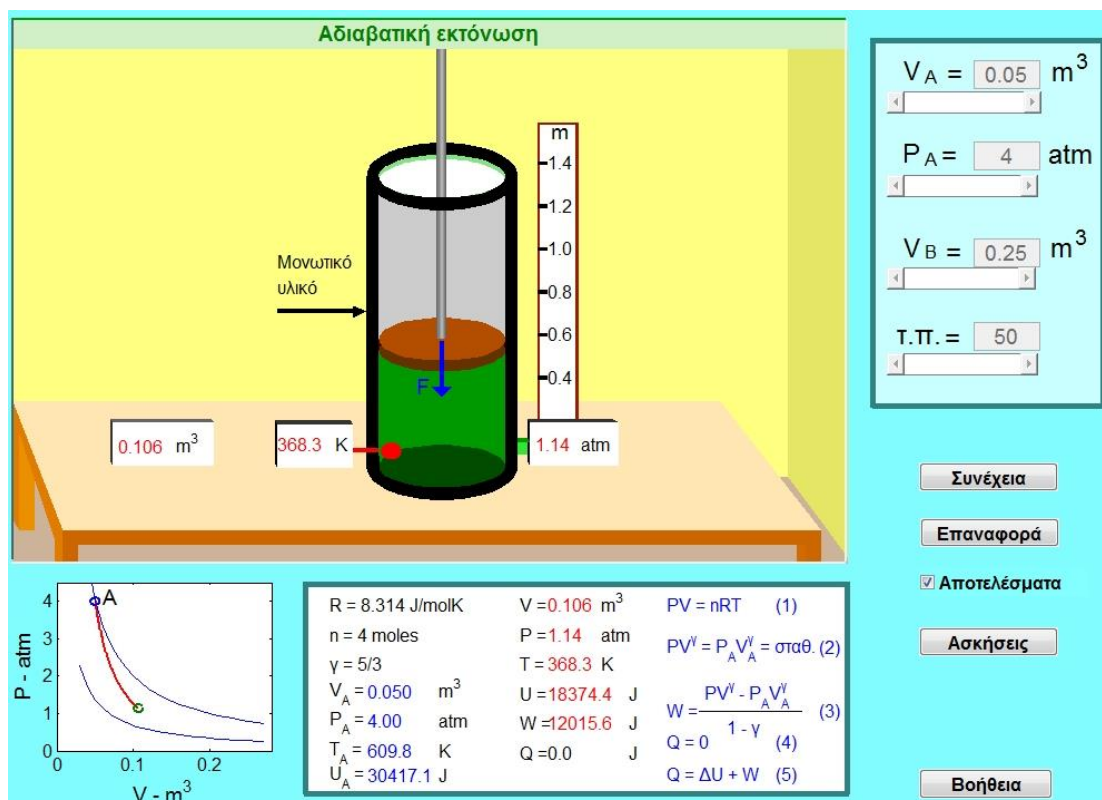
Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος
6. Αδιαβατική αντιστρεπτή μεταβολή

Αδιαβατική αντιστρεπτή μεταβολή

- ▣ Αδιαβατική εκτόνωση
- ▣ Αδιαβατική συμπίεση



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της αδιαβατικής αντιστρεπτής μεταβολής για τα ιδανικά αέρια.

Η αδιαβατική αντιστρεπτή μεταβολή ενός ιδανικού αερίου γίνεται όταν το αέριο δεν ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον του, δηλαδή

$$Q = 0 \quad (1)$$

Για να μην ανταλλάσσει το αέριο θερμότητα με το περιβάλλον του θα πρέπει τα δοχείο που περιέχει το αέριο να αποτελείται από μονωτικό (αδιαβατικό) υλικό.

Έστω το ιδανικό αέριο μεταβαίνει με αδιαβατικό τρόπο από την αρχική κατάσταση A στην τελική κατάσταση B.

Αν T_A είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση A η εσωτερική ενέργεια U_A δίνεται από τη σχέση

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (2)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και $R = 8.314 \text{ J/molK}$ η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Αν T_B είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση B η εσωτερική ενέργεια U_B δίνεται από τη σχέση

$$U_B = \frac{3}{2} nRT_B \quad (3)$$

Η μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας στην ισόχωρη μεταβολή ισούται

$$\Delta U = U_B - U_A \quad (4)$$

Από τις σχέσεις (4) , (5) και (6) προκύπτει

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) \quad (5)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q = \Delta U + W \quad (6)$$

Από τις σχέσεις (1) και (6) προκύπτει ότι στην αδιαβατική μεταβολή ισχύει

$$W = - \Delta U \quad (7)$$

Επίσης για την αδιαβατική μεταβολή ισχύει οι σχέσεις

$$PV^\gamma = \text{σταθ.} \quad (8)$$

και

$$W = \frac{P_\tau V_\tau - P_a V_a}{1-\gamma} \quad (9)$$

όπου οι δείκτες a και τ δηλώνουν την αρχική A και τελική B κατάσταση του αερίου ενώ το γ είναι ένας καθαρός αριθμός που ισούται με το λόγο των ειδικών θερμοτήτων του αερίου. Για τα ιδανικά αέρια το γ ισούται με $5/3$.

Στην προσομοίωση δείχνεται η αδιαβατική μεταβολή, εκτόνωση και συμπίεση ιδανικού αερίου.

Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles).

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει τον αρχικό και τελικό όγκο, καθώς και την αρχική πίεση του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V , της πίεσης P , της θερμοκρασίας T , του μηχανικού έργου W , της θερμότητας Q , τη μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Σχόλιο:

Αν στην αδιαβατική μεταβολή ο τελικός όγκος V_t είναι μεγαλύτερος του αρχικού όγκου V_a η μεταβολή λέγεται αδιαβατική εκτόνωση. Στην αντίθετη περίπτωση λέγεται αδιαβατική συμπίεση.

Στην πράξη αν η μεταβολή γίνει γρήγορα τότε μόνο ένα μικρό ποσό της θερμότητας μετακινείται από το αέριο στο περιβάλλον ή αντίστροφα και η μεταβολή μπορεί να θεωρηθεί αδιαβατική.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η αδιαβατική μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. V_A

Ο όγκος του αερίου στην αρχική κατάσταση.

Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.5 m^3 για την αδιαβατική εκτόνωση.

Παίρνει τιμές από 0.13 ως 0.25 m^3 για την αδιαβατική συμπίεση.

2. P_A

Η πίεση του αερίου στην αρχική κατάσταση

Παίρνει τιμές από 1.5 ως 4 atm για την αδιαβατική εκτόνωση.

Παίρνει τιμές από 0.1 ως 0.6 atm για την αδιαβατική συμπίεση

3. V_B

Ο όγκος του αερίου στην τελική κατάσταση

Παίρνει τιμές από 0.1 ως 0.25 m^3 για την αδιαβατική εκτόνωση.

Παίρνει τιμές από 0.08 ως 0.2 m^3 για την αδιαβατική συμπίεση.

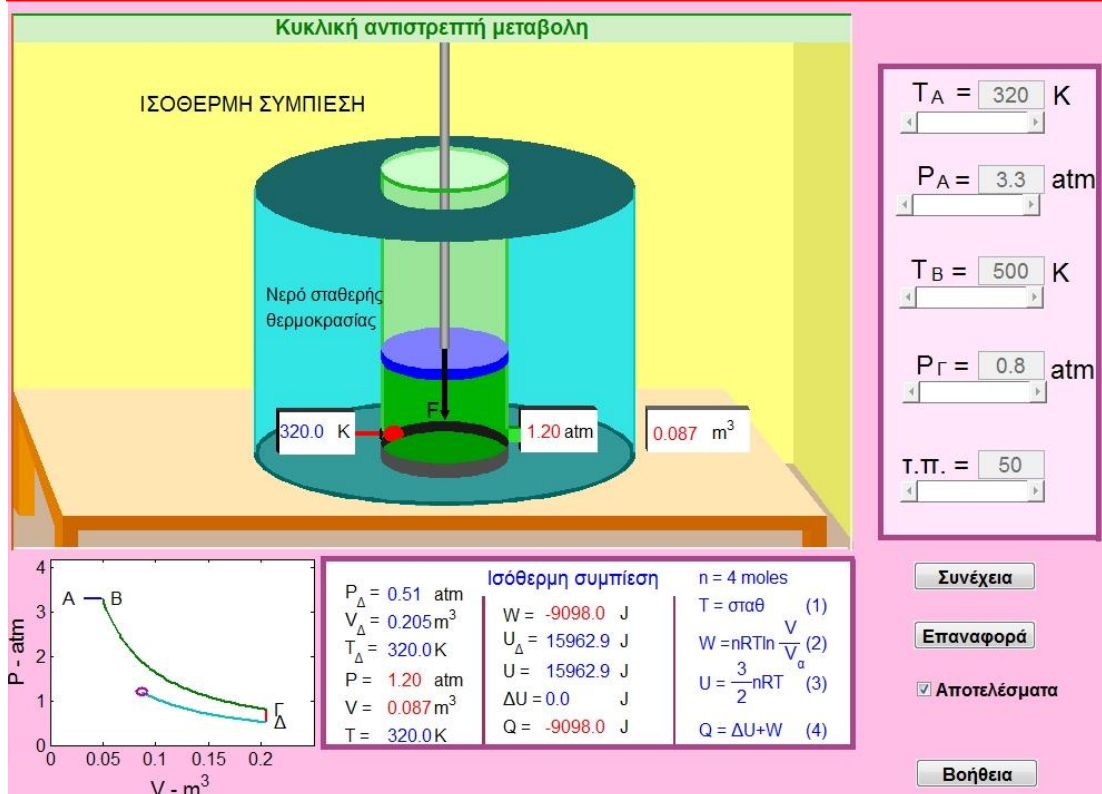
4. $\tau.π.$

Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος 7. Κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της κυκλικής αντιστρεπτής μεταβολής για τα ιδανικά αέρια.

Στην κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή το αέριο μετά από μια σειρά αντιστρεπτών μεταβολών επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

Σύμφωνα με τον ορισμό η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας στην κυκλική μεταβολή είναι μηδενική, δηλαδή

$$\Delta U = 0 \quad (1)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q = \Delta U + W \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι στην κυκλική μεταβολή ισχύει

$$Q = \Delta U \quad (3)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται κυκλική μεταβολή ιδανικού αερίου. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles),

Το αέριο στην αρχική του κατάσταση A έχει θερμοκρασία T_A και πίεση P_A .

Στη συνέχεια με ισοβαρή μεταβολή μεταβαίνει στην κατάσταση B όπου έχει θερμοκρασία T_B .

Ακολουθώντας από την κατάσταση B με ισόθερμη μεταβολή μεταβαίνει στην κατάσταση Γ όπου έχει πίεση P_Γ .

Στο επόμενο στάδιο από την κατάσταση Γ με ισόχωρη μεταβολή μεταβαίνει στην κατάσταση Δ όπου έχει πίεση P_Δ ίση με την αρχική P_A .

Τέλος από την κατάσταση Δ με ισόθερμη μεταβολή μεταβαίνει στην αρχική κατάσταση

Για κάθε μεταβολή ισχύουν οι νόμοι που αναφέρονται σε αντίστοιχες προσομοιώσεις.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει τις παραμέτρους T_A , P_A , T_B και P_Γ και να βλέπει σε κάθε μεταβολή τις αντίστοιχες τιμές της πίεσης P , του όγκου V , της θερμοκρασίας T , του μηχανικού έργου W , της θερμότητας Q , της εσωτερικής ενέργειας U , της μεταβολής ΔU της εσωτερικής ενέργειας καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η κυκλική μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T_A

Η απόλυτη θερμοκρασία του αερίου στην αρχική κατάσταση A

Παίρνει τιμές από 300 ως 400 K.

2. P_A

Η πίεση του αερίου στην αρχική κατάσταση A

Παίρνει τιμές από 2 ως 4 atm.

3. T_B

Η απόλυτη θερμοκρασία του αερίου στην κατάσταση B

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. τ.π.

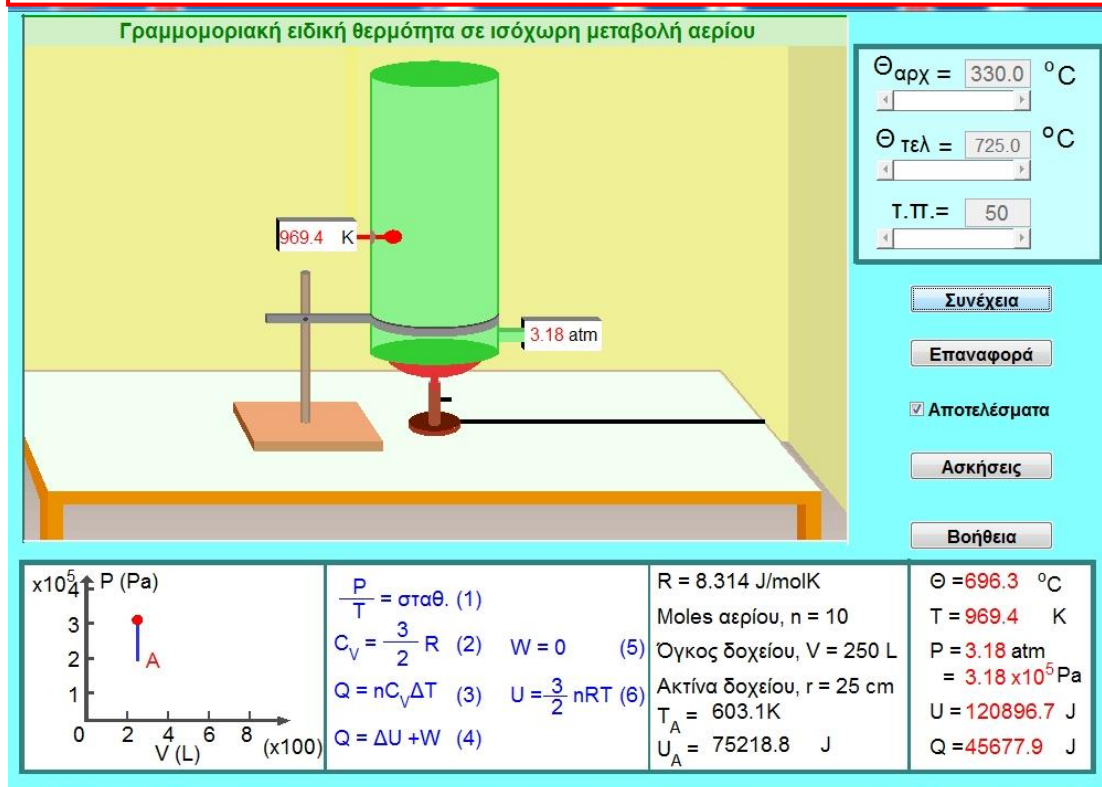
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες αερίων

8. Γραμμομοριακή ειδική θερμότητα σε ισόχωρη μεταβολή αερίου



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της ειδικής γραμμομοριακής θερμότητας όταν το αέριο θερμαίνεται ή ψύχεται με σταθερό όγκο.

Έστω σώμα μάζας m θερμαίνεται οπότε η θερμοκρασία του μεταβάλλεται κατά ΔT . Αποδεικνύεται πειραματικά ότι το ποσό της θερμότητας Q που απορροφά το σώμα δίνεται από τη σχέση

$$Q = mc\Delta T \quad (1)$$

όπου c είναι η ειδική θερμότητα του υλικού.

Αν M είναι η γραμμομοριακή μάζα τότε ισχύει

$$m = nMB \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει

$$Q = nMc\Delta T \quad (3)$$

Θέτουμε

$$C = Mc \quad (4)$$

και με αντικατάσταση στην (3) προκύπτει

$$Q = nC\Delta T \quad (5)$$

Η ποσότητα C ονομάζεται γραμμομοριακή ειδική θερμότητα και έχει μονάδα το $\text{J}/(\text{molK})$.

Ποσοτικά η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα ισούται με το ποσό της θερμότητας που πρέπει να απορροφήσει ένα mol του σώματος για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1 βαθμό.

Ένα ιδανικό αέριο μπορεί να θερμανθεί με διάφορους τρόπους οπότε έχει και αντίστοιχες γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες.

Αν ένα ιδανικό αέριο θερμανθεί με σταθερό όγκο τότε η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα συμβολίζεται με C_V και η θερμότητα που απορροφά με Q_V . Στην περίπτωση αυτή η σχέση (5) γράφεται

$$Q_V = nC_V \Delta T \quad (6)$$

Η ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή ενός ιδανικού αερίου γίνεται με σταθερό όγκο.

Έστω το ιδανικό αέριο μεταβαίνει από την αρχική κατάσταση A στην τελική κατάσταση B και η μεταβολή γίνεται με σταθερό όγκο.

Επειδή ο όγκος παραμένει σταθερός το παραγόμενο (ή καταναλισκόμενο) από το αέριο μηχανικό έργο είναι μηδενικό, δηλαδή

$$W = 0 \quad (7)$$

Αν T_A είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση A η εσωτερική ενέργεια U_A δίνεται από τη σχέση

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (8)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και $R = 8.314 \text{ J/molK}$ η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Αν T_B είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση B η εσωτερική ενέργεια U_B δίνεται από τη σχέση

$$U_B = \frac{3}{2} nRT_B \quad (9)$$

Η μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας στην ισόχωρη μεταβολή ισούται

$$\Delta U = U_B - U_A \quad (10)$$

Από τις σχέσεις (4), (5) και (6) προκύπτει

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) \quad (11)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q_V = \Delta U + W \quad (12)$$

όπου Q_V το ποσό της θερμότητας που απορροφά (ή εκλύει) το αέριο κατά την μετάβασή του από την κατάσταση A στην κατάσταση B.

Από τις σχέσεις (7) και (12) προκύπτει ότι στην ισόχωρη μεταβολή ισχύει

$$Q_V = \Delta U \quad (13)$$

Από τις σχέσεις (11) και (13) προκύπτει

$$Q_V = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) \quad (14)$$

Επίσης στην ισόχωρη μεταβολή επειδή ο όγκος παραμένει σταθερός ισχύει η σχέση

$$\frac{P}{T} = \text{σταθ.} \quad (15)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η ισόχωρη θέρμανση ιδανικού αερίου. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 10 γραμμομόρια (moles) και αρχική απόλυτη θερμοκρασία 304,88 K.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει την τελική θερμοκρασία του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές της πίεσης P, της θερμοκρασίας T, της εκλυόμενης θερμότητας Q_V, της εσωτερικής ενέργειας U καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Σχόλιο:

Όπως προκύπτει από τη σχέση (14) αν η τελική θερμοκρασία T_B είναι μεγαλύτερη της αρχικής T_A η θερμότητα Q είναι θετική και τότε λέμε ότι το αέριο απορροφά θερμότητα ενώ η αντίστοιχη μεταβολή λέγεται ισόχωρη θέρμανση.

Αντίθετα, αν η θερμότητα Q είναι αρνητική τότε λέμε ότι το αέριο εκλύει (αποδίδει) θερμότητα ενώ η αντίστοιχη μεταβολή λέγεται ισόχωρη ψύξη.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η ειδική γραμμομοριακή θερμότητα όταν το αέριο θερμαίνεται ή ψύχεται με σταθερό όγκο.

Παράμετροι Προγράμματος

1. Θ_{τελ}

Η τελική θερμοκρασία του αερίου.

Παίρνει τιμές από 190 ως 940 °C.

2. τ.π.

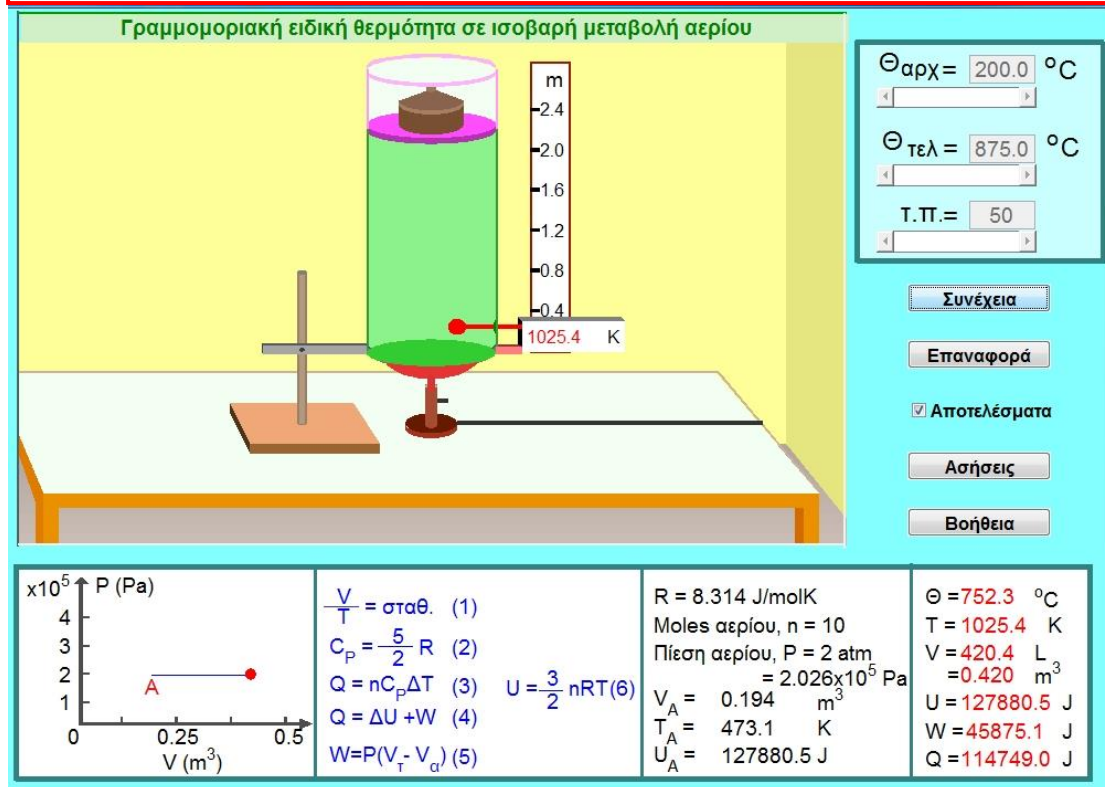
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες αερίων

9. Γραμμομοριακή ειδική θερμότητα σε ισοβαρή μεταβολή αερίου



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της ειδικής γραμμομοριακής θερμότητας όταν το αέριο θερμαίνεται ή ψύχεται με σταθερή πίεση.

Έστω σώμα μάζας m θερμαίνεται οπότε η θερμοκρασία του μεταβάλλεται κατά ΔT . Αποδεικνύεται πειραματικά ότι το ποσό της θερμότητας Q που απορροφά το σώμα δίνεται από τη σχέση

$$Q = mc\Delta T \quad (1)$$

όπου c είναι η ειδική θερμότητα του υλικού.

Αν M είναι η γραμμομοριακή μάζα τότε ισχύει

$$m = nMB \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει

$$Q = nMc\Delta T \quad (3)$$

Θέτουμε

$$C = Mc \quad (4)$$

και με αντικατάσταση στην (3) προκύπτει

$$Q = nC\Delta T \quad (5)$$

Η ποσότητα C ονομάζεται γραμμομοριακή ειδική θερμότητα και έχει μονάδα το $J/(molK)$.

Ποσοτικά η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα ισούται με το ποσό της θερμότητας που πρέπει να απορροφήσει ένα mol του σώματος για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1 βαθμό.

Ένα ιδανικό αέριο μπορεί να θερμανθεί με διάφορους τρόπους οπότε έχει και αντίστοιχες γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες.

Αν ένα ιδανικό αέριο θερμανθεί με σταθερή πίεση τότε η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα συμβολίζεται με C_p και η θερμότητα που απορροφά με Q_p . Στην περίπτωση αυτή η σχέση (5) γράφεται

$$Q_p = nC_p\Delta T \quad (6)$$

Η ισοβαρή αντιστρεπτή μεταβολή ενός ιδανικού αερίου γίνεται σε σταθερή πίεση.

Έστω το ιδανικό αέριο μεταβαίνει από την αρχική κατάσταση A στην τελική κατάσταση B και η μεταβολή γίνεται με σταθερό πίεση P .

Αν V_A είναι ο όγκος του στην κατάσταση A και V_B ο όγκος του στην κατάσταση B τότε το παραγόμενο (ή καταναλισκόμενο) από το αέριο μηχανικό έργο δίνεται από τη σχέση

$$W = P(V_B - V_A) \quad (7)$$

Αν T_A είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση A η εσωτερική ενέργεια U_A δίνεται από τη σχέση

$$U_A = \frac{3}{2}nRT_A \quad (8)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και $R = 8.314 J/molK$ η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Αν T_B είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση B η εσωτερική ενέργεια U_B δίνεται από τη σχέση

$$U_B = \frac{3}{2}nRT_B \quad (9)$$

Η μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας στην ισόχωρη μεταβολή ισούται

$$\Delta U = U_B - U_A \quad (10)$$

Από τις σχέσεις (8), (9) και (10) προκύπτει

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A) \quad (11)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q_p = \Delta U + W \quad (12)$$

όπου Q_p το ποσό της θερμότητας που απορροφά (ή εκλύει) το αέριο κατά την μετάβασή του από την κατάσταση A στην κατάσταση B .

Επίσης στην ισοβαρή μεταβολή επειδή η πίεση παραμένει σταθερή ισχύει η σχέση

$$\frac{V}{T} = \text{σταθ.} \quad (7)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η ισοβαρή θέρμανση ιδανικού αερίου. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 10 γραμμομόρια (moles), αρχική θερμοκρασία 304.88 K και σταθερή πίεση 2 atm .

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει την τελική θερμοκρασία του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V , της θερμοκρασίας T , του παραγόμενου μηχανικού έργου W , της απορροφημένης θερμότητας Q , της εσωτερικής ενέργειας U καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Σχόλιο:

Όπως προκύπτει από τη σχέση (7) αν ο τελικός όγκος V_t είναι μεγαλύτερος του αρχικού όγκου V_a το μηχανικό έργο είναι θετικό και τότε λέμε ότι το αέριο παράγει μηχανικό έργο.

Αν ο τελικός όγκος V_t είναι μικρότερος του αρχικού όγκου V_a το μηχανικό έργο είναι αρνητικό και τότε λέμε ότι το αέριο καταναλώνει μηχανικό έργο.

Όμοια αν η θερμότητα Q_p είναι θετική τότε λέμε ότι το αέριο απορροφά θερμότητα ενώ αν είναι αρνητική ότι εκλύει (αποδίδει) θερμότητα.

.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η ειδική γραμμομοριακή θερμότητα όταν το αέριο θερμαίνεται ή ψύχεται με σταθερή πίεση.

.

Παράμετροι Προγράμματος

1. $\Theta_{\text{τελ}}$

Η τελική θερμοκρασία του αερίου.

Παίρνει τιμές από 190 ως 940 °C.

2. $\tau.p.$

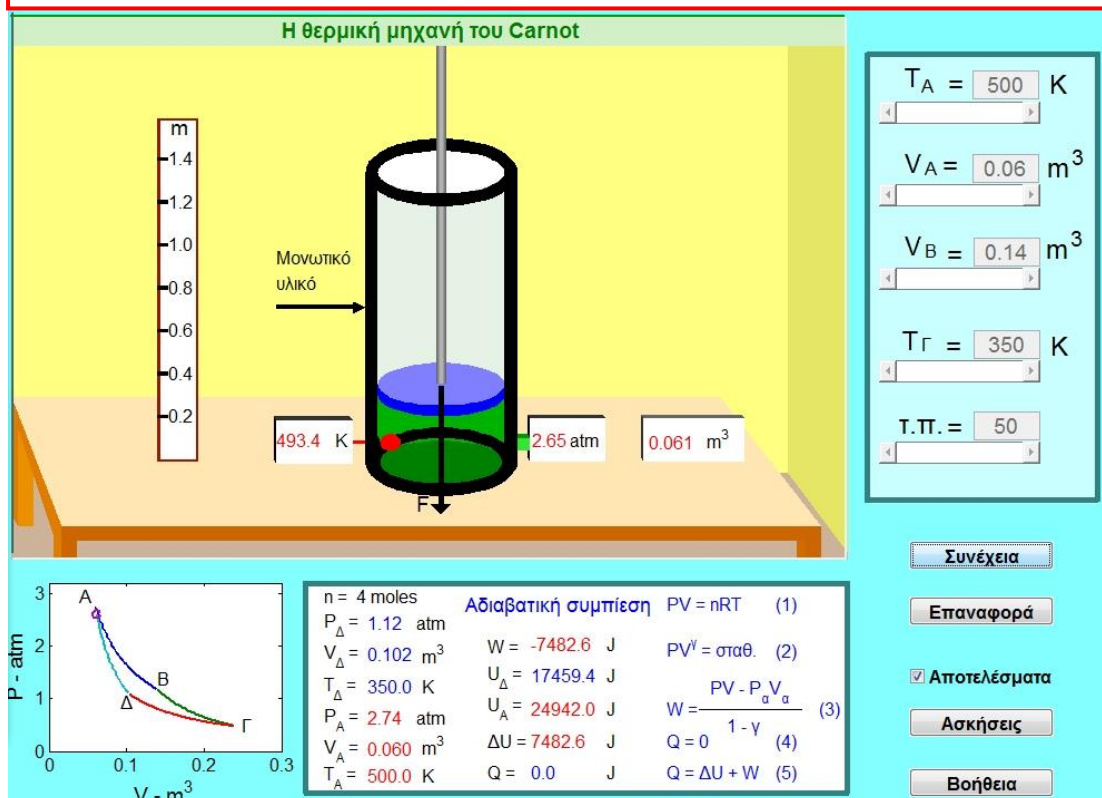
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Θερμικές μηχανές

10. Η θερμική μηχανή του Carnot



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση των βασικών αρχών της θερμικής μηχανής του Carnot.

Μια διάταξη ονομάζεται θερμική μηχανή αν μετατρέπει τη θερμότητα σε μηχανικό έργο.

Βασικό μέρος μιας θερμικής μηχανής αποτελεί μια ποσότητα αερίου που υποβάλλεται σε κυκλική θερμική μεταβολή.

Κατά τη διάρκεια της κυκλικής θερμικής μεταβολής το αέριο απορροφά ένα ποσό θερμότητας Q_h από μια δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας, από το οποίο ένα μέρος τρέπεται σε μηχανικό έργο W ενώ το υπόλοιπο ποσό θερμότητας Q_c αποβάλλεται σε μια δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας.

Με τον όρο δεξαμενή υψηλής (χαμηλής) θερμοκρασίας εννοούμε ένα σώμα του οποίου θεωρούμε ότι η θερμοκρασία T_h (T_c) παραμένει σταθερή ακόμα και αν δίνει ή παίρνει θερμότητα.

Για τις μηχανές εσωτερικής καύσης η δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας αποτελεί το υγρό που αναφλέγεται μέσα στο θάλαμο καύσης ενώ το περιβάλλον που αποβάλλονται τα καυσάερια αποτελεί τη δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας.

Προφανώς για μια θερμική μηχανή ισχύει η σχέση

$$Q_h = W + |Q_c| \quad (1)$$

Ο συντελεστής απόδοσης e μιας θερμικής μηχανής ορίζεται από τη σχέση

$$e = \frac{W}{Q_h} \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει η σχέση

$$e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} \quad (3)$$

Όπως προκύπτει από τη σχέση (3) ο συντελεστής απόδοσης μιας θερμικής μηχανής παίρνει θετικές τιμές μικρότερες της μονάδας.

Ο Carnot απόδειξε ότι από όλες τις δυνατές θερμικές μηχανές, όταν δίνονται οι θερμοκρασίες T_h και T_c των θερμικών δεξαμενών υψηλής και χαμηλής θερμοκρασίας, τον μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης έχει η Μηχανή Carnot.

Στη Μηχανή Carnot το αέριο υποβάλλεται σε κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή (κύκλος Carnot) που αποτελείται από τέσσερις μεταβολές.

Η πρώτη μεταβολή είναι ισόθερμη εκτόνωση σε σταθερή θερμοκρασία T_h της θερμής δεξαμενής, από μια αρχική κατάσταση Α σε μια κατάσταση Β απορροφώντας θερμότητα Q_h από τη θερμή δεξαμενή.

Η δεύτερη μεταβολή είναι αδιαβατική εκτόνωση από την κατάσταση Β στην κατάσταση Γ όπου το αέριο αποκτά τη θερμοκρασία T_c της ψυχρής δεξαμενής.

Η τρίτη μεταβολή είναι ισόθερμη συμπίεση σε σταθερή θερμοκρασία T_c της ψυχρής δεξαμενής από την κατάσταση Γ στην κατάσταση Δ αποβάλλοντας θερμότητα Q_c στην ψυχρή δεξαμενή.

Η τέταρτη μεταβολή είναι αδιαβατική συμπίεση από την κατάσταση Δ στην κατάσταση Α όπου το αέριο αποκτά τη θερμοκρασία T_h της θερμής δεξαμενής.

Αποδεικνύεται ότι για μηχανή Carnot ισχύει η σχέση

$$\frac{|Q_c|}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h} \quad (4)$$

Από τις σχέσεις (3) και (4) προκύπτει η σχέση

$$e = 1 - \frac{T_c}{T_h} \quad (5)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η λειτουργία της μηχανής Carnot.

Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles).

Ως θερμή δεξαμενή θεωρούμε ένα δοχείο με νερό σταθερής θερμοκρασίας.

Ως ψυχρή δεξαμενή θεωρούμε το περιβάλλον.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει

- τον αρχικό όγκο V_A ,
- την θερμοκρασία T_A της θερμής δεξαμενής,
- τον όγκο V_B στο τέλος της ισόθερμης εκτόνωσης,
- την θερμοκρασία T_C της ψυχρής δεξαμενής

και να βλέπει σε κάθε μεταβολή τις αντίστοιχες τιμές

- του όγκου V ,
- της πίεσης P ,
- της θερμοκρασίας T ,

- του μηχανικού έργου W ,
- της εσωτερικής ενέργειας U ,
- της μεταβολής ΔU της εσωτερικής ενέργειας
- της θερμότητας Q ,

καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Στο τέλος της προσομοίωσης δείχνεται συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων και η τιμή του συντελεστή απόδοσης κυκλικής διεργασίας.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοούνται οι βασικές αρχές λειτουργίας της μηχανής Carnot των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T_A

Η θερμοκρασία του αερίου στην αρχική κατάσταση Α. Είναι η θερμοκρασία της θερμής δεξαμενής.

Παίρνει τιμές από 350 ως 550 °K

2. V_A

Ο όγκος του αερίου στην αρχική κατάσταση Α.

Παίρνει τιμές από 0.06 ως 0.1 m³

3. V_B

Ο όγκος του αερίου στην κατάσταση Β..

Παίρνει τιμές από 0.1 ως 0.15 m³

4. T_Γ

Η θερμοκρασία του αερίου στην κατάσταση Γ. Είναι η θερμοκρασία της ψυχρής δεξαμενής.

Παίρνει τιμές από 300 ως 400 °K

5. τ.π.

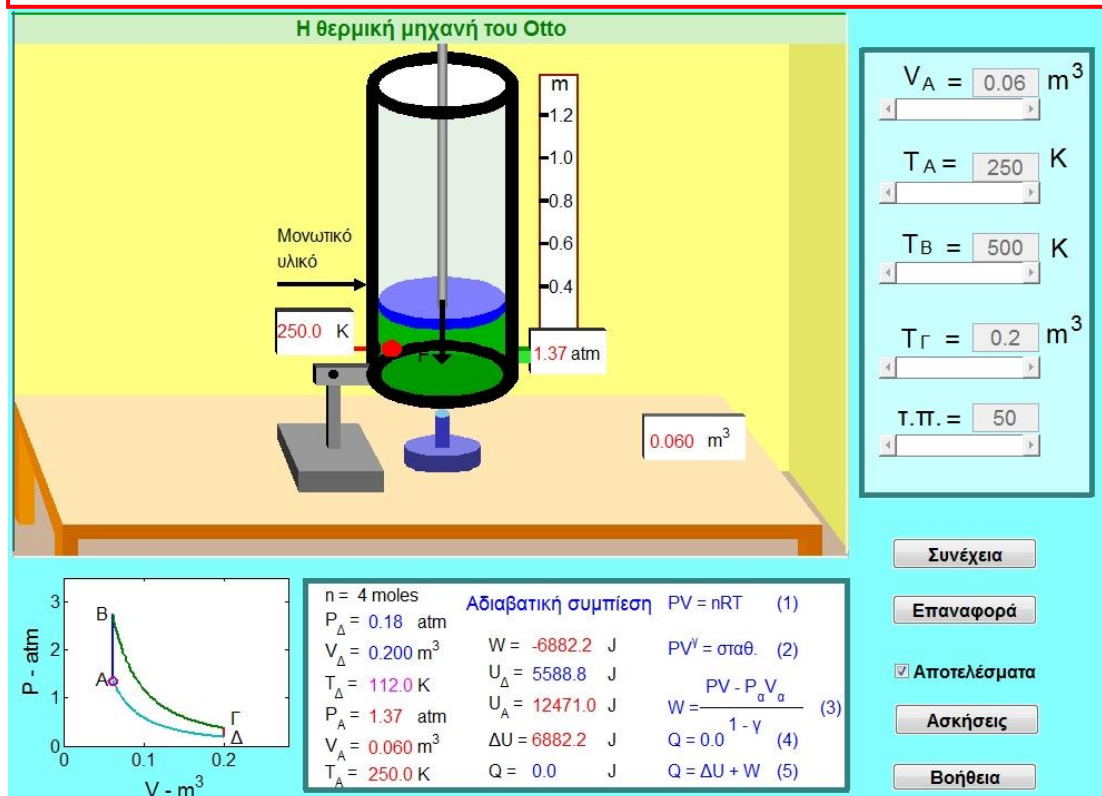
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Θερμικές μηχανές

11. Η θερμική μηχανή του Otto



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση των βασικών αρχών της θερμικής μηχανής του Otto (βενζινοκινητήρας).

Μια διάταξη ονομάζεται θερμική μηχανή αν μετατρέπει τη θερμότητα σε μηχανικό έργο.

Βασικό μέρος μιας θερμικής μηχανής αποτελεί μια ποσότητα αερίου που υποβάλλεται σε κυκλική θερμική μεταβολή.

Κατά τη διάρκεια της κυκλικής θερμικής μεταβολής το αέριο απορροφά ένα ποσό θερμότητας Q_h από μια δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας, από το οποίο ένα μέρος τρέπεται σε μηχανικό έργο W ενώ το υπόλοιπο ποσό θερμότητας Q_c αποβάλλεται σε μια δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας.

Με τον όρο δεξαμενή υψηλής (χαμηλής) θερμοκρασίας εννοούμε ένα σώμα του οποίου θεωρούμε ότι η θερμοκρασία T_h (T_c) παραμένει σταθερή ακόμα και αν δίνει ή παίρνει θερμότητα.

Για τις μηχανές εσωτερικής καύσης η δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας αποτελεί το υγρό που αναφλέγεται μέσα στο θάλαμο καύσης ενώ το περιβάλλον που αποβάλλονται τα καυσαέρια αποτελεί τη δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας.

Προφανώς για μια θερμική μηχανή ισχύει η σχέση

$$Q_h = W + |Q_c| \quad (1)$$

Ο συντελεστής απόδοσης e μιας θερμικής μηχανής ορίζεται από τη σχέση

$$e = \frac{W}{Q_h} \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει η σχέση

$$e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} \quad (3)$$

Όπως προκύπτει από τη σχέση (3) ο συντελεστής απόδοσης μιας θερμικής μηχανής παίρνει θετικές τιμές μικρότερες της μονάδας.

Στη Μηχανή Otto το αέριο υποβάλλεται σε κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή (κύκλος Otto) που αποτελείται από τέσσερις μεταβολές.

Η πρώτη μεταβολή είναι ισόχωρη θέρμανση, από μια αρχική κατάσταση A με θερμοκρασία T_A σε μια κατάσταση B με θερμοκρασία T_h τη θερμής δεξαμενής απορροφώντας θερμότητα Q_h από τη θερμή δεξαμενή.

Η δεύτερη μεταβολή είναι αδιαβατική εκτόνωση από την κατάσταση B στην κατάσταση Γ.

Η τρίτη μεταβολή είναι ισόχωρη ψύξη από την κατάσταση Γ στην κατάσταση Δ όπου το αέριο αποκτά τη θερμοκρασία T_c της ψυχρής δεξαμενής, αποβάλλοντας θερμότητα Q_c στην ψυχρή δεξαμενή.

Η τέταρτη μεταβολή είναι αδιαβατική συμπίεση από την κατάσταση Δ στην κατάσταση A.

Στην προσομοίωση δείχνεται η λειτουργία της μηχανής Otto.

Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles).

Ως θερμή δεξαμενή θεωρούμε ένα δοχείο με νερό σταθερής θερμοκρασίας.

Ως ψυχρή δεξαμενή θεωρούμε το περιβάλλον.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλλει

- τον αρχικό όγκο V_A ,
- την θερμοκρασία T_A ,
- την θερμοκρασία T_B της θερμής δεξαμενής
- τον όγκο V_Γ στο τέλος της αδιαβατικής εκτόνωσης,
-

και να βλέπει σε κάθε μεταβολή τις αντίστοιχες τιμές

- του όγκου V ,
- της πίεσης P ,
- της θερμοκρασίας T ,
- του μηχανικού έργου W ,
- της εσωτερικής ενέργειας U ,
- της μεταβολής ΔU της εσωτερικής ενέργειας,
- της θερμότητας Q ,

καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Στο τέλος της προσομοίωσης δείχνεται συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων και η τιμή του συντελεστή απόδοσης κυκλικής διεργασίας.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοούνται οι βασικές αρχές λειτουργίας της μηχανής Otto των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. V_A

Ο όγκος του αερίου στην αρχική κατάσταση Α.

Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.15 m³

2. T_A

Η θερμοκρασία του αερίου στην αρχική κατάσταση Α.

Παίρνει τιμές από 200 ως 400 °K

3. T_B

Η θερμοκρασία του αερίου στην κατάσταση Β. Είναι η θερμοκρασία της θερμής δεξαμενής.

Παίρνει τιμές από 300 ως 500 °K

4. V_Γ

Ο όγκος του αερίου στην κατάσταση Γ, στο τέλος της αδιαβατικής εκτόνωσης.

Παίρνει τιμές από 0.1 ως 0.25 m³

5. τ.π.

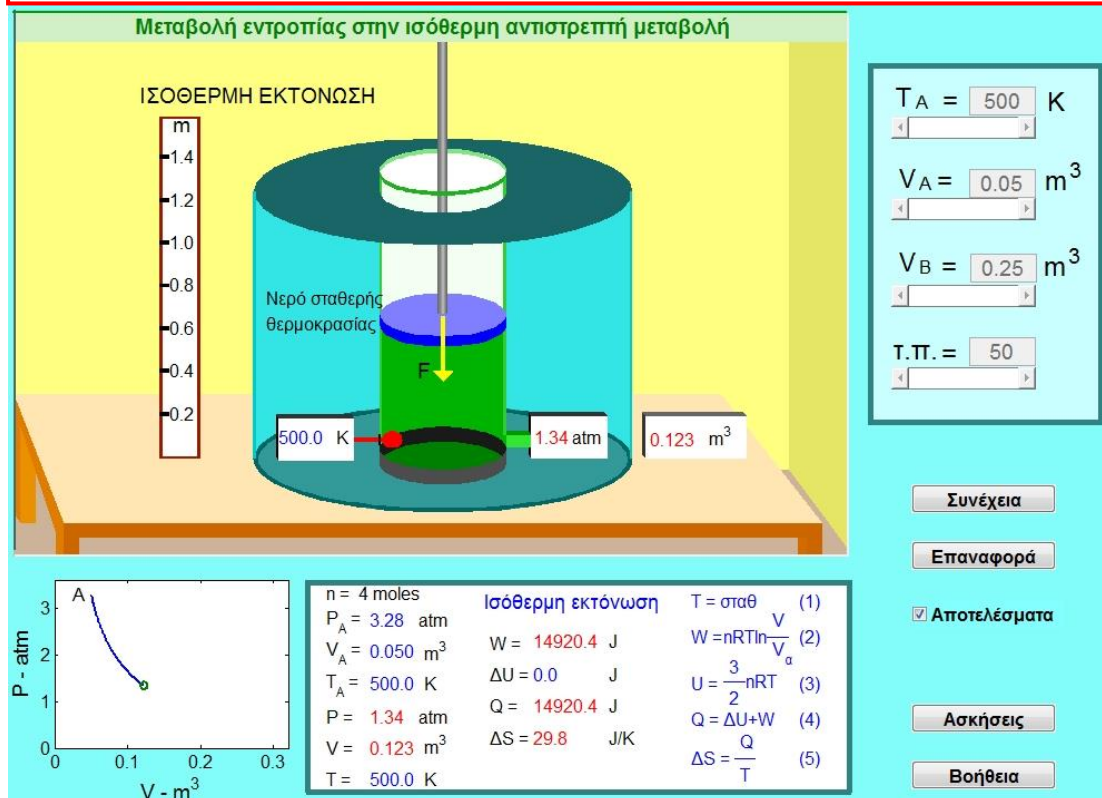
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Εντροπία

12. Μεταβολή εντροπίας στην ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της μεταβολής της εντροπίας κατά την ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή ιδανικού αερίου.

Έστω ΔQ είναι το ποσό θερμότητας που απορροφά ή αποβάλλει ένα θερμοδυναμικό σύστημα σε μια μικρή αντιστρεπτή μεταβολή.

Έστω κατά τη διάρκεια της μικρής αυτής αντιστρεπτής μεταβολής η θερμοκρασία T του συστήματος παραμένει σταθερή.

Η μεταβολή ΔS της εντροπίας του συστήματος ορίζεται από τη σχέση

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \quad (1)$$

Η μεταβολή ΔS της εντροπίας είναι θετική, οπότε η εντροπία αυξάνεται, αν το σύστημα απορροφά θερμότητα και αρνητική αν αποβάλλει, οπότε η εντροπία μειώνεται.

Έστω θερμοδυναμικό σύστημα μεταβαίνει από την κατάσταση Α στην κατάσταση Β με αντιστρεπτή διαδικασία. Κατά τη διάρκεια της μεταβολής η θερμοκρασία μεταβάλλεται οπότε δεν μπορεί να εφαρμοστεί η σχέση (1) για τον υπολογισμό της μεταβολής ΔS της εντροπίας του.

Στην περίπτωση αυτή η μεταβολή της εντροπίας από την κατάσταση Α στην Β μπορεί να υπολογιστεί αν χωρίσουμε τη μεταβολή σε πολύ μικρές μεταβολές κατά τη διάρκεια των οποίων η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, οπότε

$$\Delta S = \frac{\Delta Q_1}{T_1} + \frac{\Delta Q_2}{T_2} + \dots + \frac{\Delta Q_N}{T_N} \quad (2)$$

Η σχέση (2) δίνει τη μεταβολή της εντροπίας για μια αντιστρεπτή διαδικασία μεταξύ δύο καταστάσεων.

Όπως αποδεικνύεται η μεταβολή της εντροπίας για μια αντιστρεπτή ή όχι μεταβολή δεν εξαρτάται από τον τρόπο (δρόμο) που γίνεται η μεταβολή αλλά από την αρχική και τελική κατάσταση του σώματος.

Επίσης αποδεικνύεται ότι σε οποιαδήποτε μεταβολή ενός απομονωμένου συστήματος η μεταβολή της εντροπίας του είναι πάντα θετική, δηλαδή η εντροπία του αυξάνεται.

Η αύξηση της εντροπίας συνεπάγεται σε μακροσκοπικό επίπεδο την ελάττωση της ικανότητας παραγωγής μηχανικού έργου και σε μικροσκοπικό την αύξηση της αταξίας του συστήματος.

Έστω αέριο μεταβαίνει από την κατάσταση A στην κατάσταση B με ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή. Όπως γνωρίζουμε κατά τη διάρκεια μιας ισόθερμης αντιστρεπτής μεταβολής η θερμοκρασία T παραμένει σταθερή. Επειδή η διεργασία είναι αντιστρεπτή η μεταβολή ΔS της εντροπίας θα δίνεται από τη σχέση (2) με

$$T_1 = T_2 = \dots T_N = T \quad (3)$$

οπότε

$$\Delta S = \frac{\Delta Q_1}{T} + \frac{\Delta Q_2}{T} + \dots + \frac{\Delta Q_N}{T} = \frac{\Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \dots + \Delta Q_N}{T} \quad (4)$$

Αν Q είναι το συνολικό ποσό της θερμότητας που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον του τότε ισχύει

$$Q = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \dots + \Delta Q_N \quad (5)$$

Από τις σχέσεις (4) και (5) προκύπτει η σχέση

$$\Delta S = \frac{Q}{T} \quad (6)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q = \Delta U + W \quad (7)$$

Επειδή στην ισόθερμη μεταβολή η θερμοκρασία παραμένει σταθερή ισχύει

$$\Delta U = 0 \quad (8)$$

Από τις σχέσεις (7) και (8) προκύπτει η σχέση

$$Q = W \quad (9)$$

Αν V_A είναι ο όγκος του στην κατάσταση A και V_B ο όγκος του στην κατάσταση B τότε το παραγόμενο (ή καταναλισκόμενο) από το αέριο μηχανικό έργο κατά τη διάρκεια της ισόθερμης μεταβολής δίνεται από τη σχέση

$$W = nRT \ln \frac{V_B}{V_A} \quad (10)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και $R = 8.314 \text{ J/molK}$ η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Τέλος από τις σχέσεις (6) , (9) και (10) προκύπτει η σχέση

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_B}{V_A} \quad (11)$$

Στην προσομοίωση υπολογίζεται η μεταβολή ΔS της εντροπίας κατά τη διάρκεια ισόθερμης εκτόνωσης ή συμπίεσης ιδανικού αερίου από την κατάσταση A στην κατάσταση B.

Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles).

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει τη θερμοκρασία, τον αρχικό και τελικό όγκο του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V , της πίεσης P , της θερμοκρασίας T , του μηχανικού έργου W , της θερμότητας Q , τη μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας, τη μεταβολή ΔS της εντροπίας καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η μεταβολή της εντροπίας στην ισόθερμη μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T

Η θερμοκρασία του αερίου

Παίρνει τιμές από 200 ως 500 K

2. V_A

Ο όγκος του αερίου στην αρχική κατάσταση A

Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.25 m³

3. V_B

Ο όγκος του αερίου στην τελική κατάσταση B

Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.25 m³

4. τ.π.

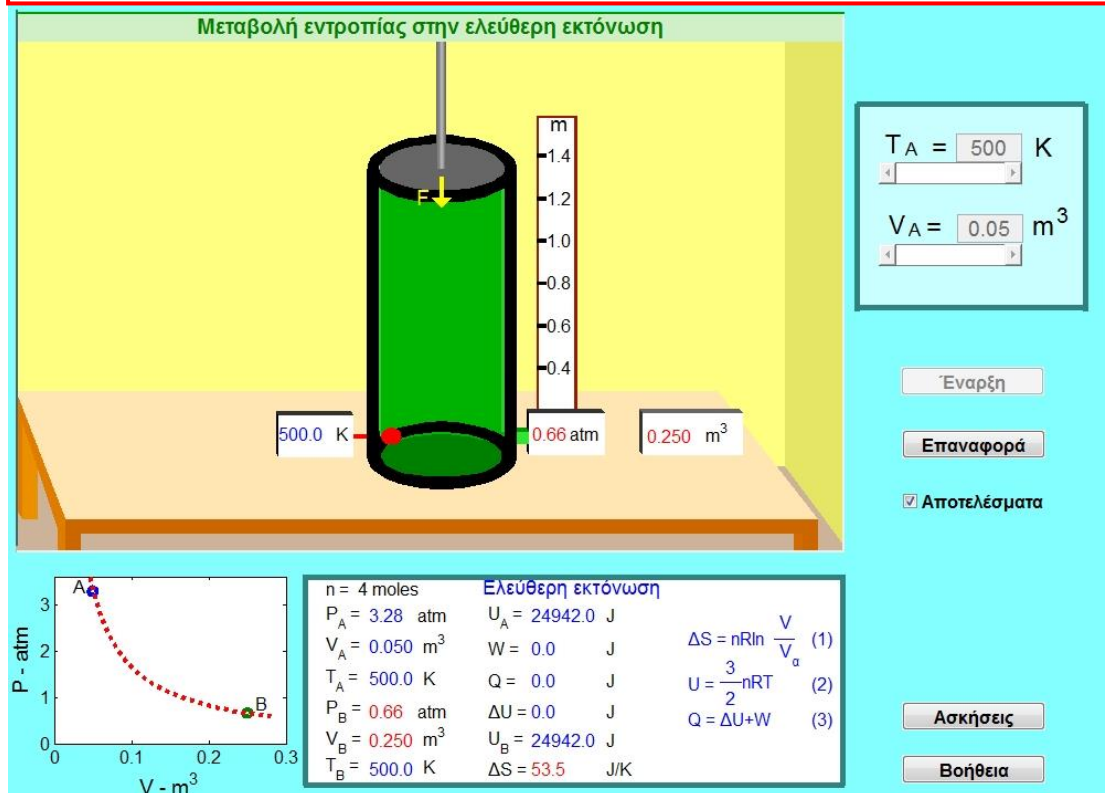
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Εντροπία

13. Μεταβολή εντροπίας στην ελεύθερη εκτόνωση



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της μεταβολής της εντροπίας κατά την ελεύθερη εκτόνωση ιδανικού αερίου σε μονωμένο δοχείο.

Έστω ΔQ είναι το ποσό θερμότητας που απορροφά ή αποβάλλει ένα θερμοδυναμικό σύστημα σε μια μικρή αντιστρεπτή μεταβολή.

Έστω κατά τη διάρκεια της μικρής αυτής αντιστρεπτής μεταβολής η θερμοκρασία T του συστήματος παραμένει σταθερή.

Η μεταβολή ΔS της εντροπίας του συστήματος ορίζεται από τη σχέση

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \quad (1)$$

Η μεταβολή ΔS της εντροπίας είναι θετική, οπότε η εντροπία αυξάνεται, αν το σύστημα απορροφά θερμότητα και αρνητική αν αποβάλλει, οπότε η εντροπία μειώνεται.

Έστω θερμοδυναμικό σύστημα μεταβαίνει από την κατάσταση A στην κατάσταση B με αντιστρεπτή διαδικασία. Κατά τη διάρκεια της μεταβολής η θερμοκρασία μεταβάλλεται οπότε δεν μπορεί να εφαρμοστεί η σχέση (1) για τον υπολογισμό της μεταβολής ΔS της εντροπίας του.

Στην περίπτωση αυτή η μεταβολή της εντροπίας από την κατάσταση A στην B μπορεί να υπολογιστεί αν χωρίσουμε τη μεταβολή σε πολύ μικρές μεταβολές κατά τη διάρκεια των οποίων η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, οπότε

$$\Delta S = \frac{\Delta Q_1}{T_1} + \frac{\Delta Q_2}{T_2} + \dots + \frac{\Delta Q_N}{T_N} \quad (2)$$

Η σχέση (2) δίνει τη μεταβολή της εντροπίας για μια αντιστρεπτή διαδικασία μεταξύ δύο καταστάσεων.

Όπως αποδεικνύεται η μεταβολή της εντροπίας για μια αντιστρεπτή ή όχι μεταβολή δεν εξαρτάται από τον τρόπο (δρόμο) που γίνεται η μεταβολή αλλά από την αρχική και τελική κατάσταση του σώματος.

Επίσης αποδεικνύεται ότι σε οποιαδήποτε μεταβολή ενός απομονωμένου συστήματος η μεταβολή της εντροπίας του είναι πάντα θετική, δηλαδή η εντροπία του αυξάνεται.

Η αύξηση της εντροπίας συνεπάγεται σε μακροσκοπικό επίπεδο την ελάττωση της ικανότητας παραγωγής μηχανικού έργου και σε μικροσκοπικό την αύξηση της αταξίας του συστήματος.

Έστω αέριο βρισκόμενο σε μονωμένο δοχείο μεταβαίνει από την κατάσταση Α στην κατάσταση Β με ελεύθερη εκτόνωση.

Θεωρούμε ότι στην κατάσταση Α το αέριο καταλαμβάνει με τη χρήση μεμβράνης μέρος V_A του όγκου V_B του δοχείου.

Κάποια στιγμή η μεμβράνη σπάει και το αέριο εκτονώνεται και καταλαμβάνει ολόκληρο τον όγκο του δοχείου.

Επειδή το δοχείο είναι μονωμένο το αέριο δεν ανταλλάσει θερμότητα με το περιβάλλον του, δηλαδή

$$Q = 0 \quad (3)$$

Επίσης δεδομένου ότι το αέριο δεν μετακινεί κάποιο μηχανισμό (έμβολο) δεν παράγεται μηχανικό έργο, δηλαδή

$$W = 0 \quad (4)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q = \Delta U + W \quad (5)$$

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

$$\Delta U = 0 \quad (6)$$

Επειδή ισχύει

$$U = \frac{3}{2} nRT \quad (7)$$

έπεται ότι η αρχική θερμοκρασία T_A του αερίου ισούται με την τελική T_B . Άρα η αρχική Α και τελική κατάσταση Β του αερίου βρίσκονται πάνω στην ίδια ισόθερμη, θερμοκρασίας $T = T_A = T_B$.

Δεδομένου ότι η μεταβολή ΔS της εντροπίας δεν εξαρτάται από τον τρόπο που γίνεται αλλά από την αρχική και τελική κατάσταση μπορούμε στην προκειμένη περίπτωση να την υπολογίσουμε ισοδύναμα θεωρώντας μια ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή από την κατάσταση Α στην κατάσταση Β, οπότε

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_B}{V_A} \quad (8)$$

Στην προσομοίωση υπολογίζεται η μεταβολή ΔS της εντροπίας κατά τη διάρκεια ελεύθερης εκτόνωσης ή συμπίεσης ιδανικού αερίου από την κατάσταση A στην κατάσταση B.

Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles).

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλλει την αρχική θερμοκρασία, τον αρχικό όγκο του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V, της πίεσης P, της θερμοκρασίας T, του μηχανικού έργου W, της θερμότητας Q, τη μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας, τη μεταβολή ΔS της εντροπίας καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Σχόλιο:

Η διακεκομμένη γραμμή στο διάγραμμα πίεσης – όγκου της εικόνας στην προσομοίωση δηλώνει την ισοδύναμη ισόθερμη εκτόνωση.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η μεταβολή της εντροπίας στην ελεύθερη εκτόνωση των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T_A

Η θερμοκρασία του αερίου στην αρχική κατάσταση A

Παίρνει τιμές από 200 ως 500 K

2. V_A

Ο όγκος του αερίου στην αρχική κατάσταση A

Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.15 m³

3. τ.π.

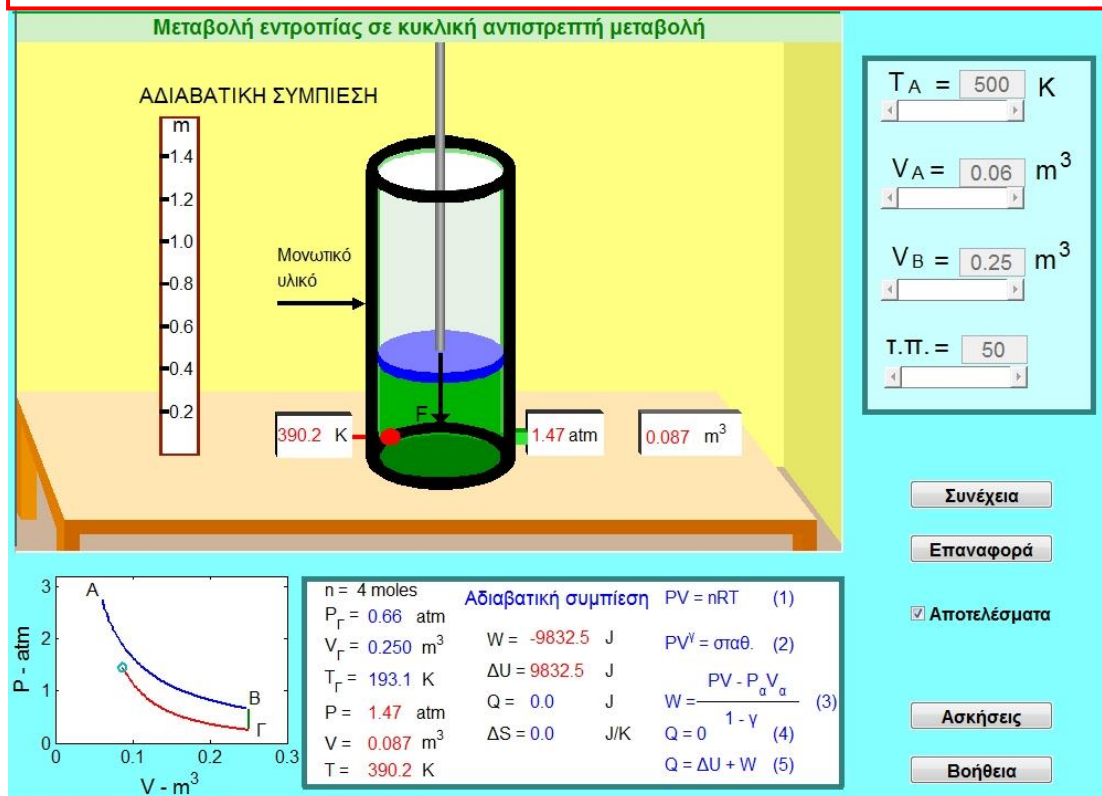
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Εντροπία

14. Μεταβολή εντροπίας σε κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της μεταβολής της εντροπίας ιδανικού αερίου σε κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή.

Στην προκειμένη περίπτωση το αέριο υποβάλλεται σε κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή που αποτελείται από τρεις μεταβολές.

Η πρώτη μεταβολή είναι ισόθερμη εκτόνωση σε σταθερή θερμοκρασία T_A από μια αρχική κατάσταση A σε μια κατάσταση B.

Η δεύτερη μεταβολή είναι ισόχωρη ψύξη από την κατάσταση B στην κατάσταση Γ όπου το αέριο αποκτά τη θερμοκρασία T_Γ.

Η τρίτη μεταβολή είναι αδιαβατική συμπίεση από την κατάσταση Γ στην αρχική κατάσταση A.

Για την ισόθερμη εκτόνωση η μεταβολή της εντροπίας είναι

$$\Delta S_{AB} = nR \ln \frac{V_B}{V_A} \quad (1)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και R = 8.314 J/molK η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Για την αδιαβατική συμπίεση η μεταβολή της εντροπίας είναι

$$\Delta S_{\Gamma A} = 0 \quad (2)$$

Για την κυκλική μεταβολή η μεταβολή της εντροπίας είναι

$$\Delta S_{ολ} = 0 \quad (3)$$

Έστω ΔS_{BG} η μεταβολή της εντροπίας στην ισόχωρη μεταβολή.
Ισχύει

$$\Delta S_{ολ} = \Delta S_{AB} + \Delta S_{BG} + \Delta S_{GA} \quad (4)$$

Από τις σχέσεις (1), (2), (3) και (4) προκύπτει

$$0 = nR \ln \frac{V_B}{V_A} + \Delta S_{BG} + 0 \quad \text{ή}$$
$$\Delta S_{BG} = - nR \ln \frac{V_B}{V_A} \quad (5)$$

Η σχέση (5) δίνει τη μεταβολή της εντροπίας στην ισόχωρη μεταβολή.

Στην προσομοίωση υπολογίζεται η μεταβολή ΔS της εντροπίας κατά τη διάρκεια ισόθερμης εκτόνωσης ή συμπίεσης ιδανικού αερίου από την κατάσταση A στην κατάσταση B.

Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles).

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει την αρχική θερμοκρασία T_A , τον αρχικό όγκο V_A και τον όγκο V_B στην κατάσταση B του αερίου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V , της πίεσης P , της θερμοκρασίας T , του μηχανικού έργου W , της θερμότητας Q , τη μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας, τη μεταβολή ΔS της εντροπίας καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η μεταβολή της εντροπίας στην ισόθερμη μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T_A

Η θερμοκρασία του αερίου στην αρχική κατάσταση A.

Παίρνει τιμές από 350 ως 500 K

2. V_A

Ο όγκος του αερίου στην αρχική κατάσταση A

Παίρνει τιμές από 0.06 ως 0.22 m³

3. V_B

Ο όγκος του αερίου στην κατάσταση B

Παίρνει τιμές από 0.09 ως 0.25 m³

4. τ.π.

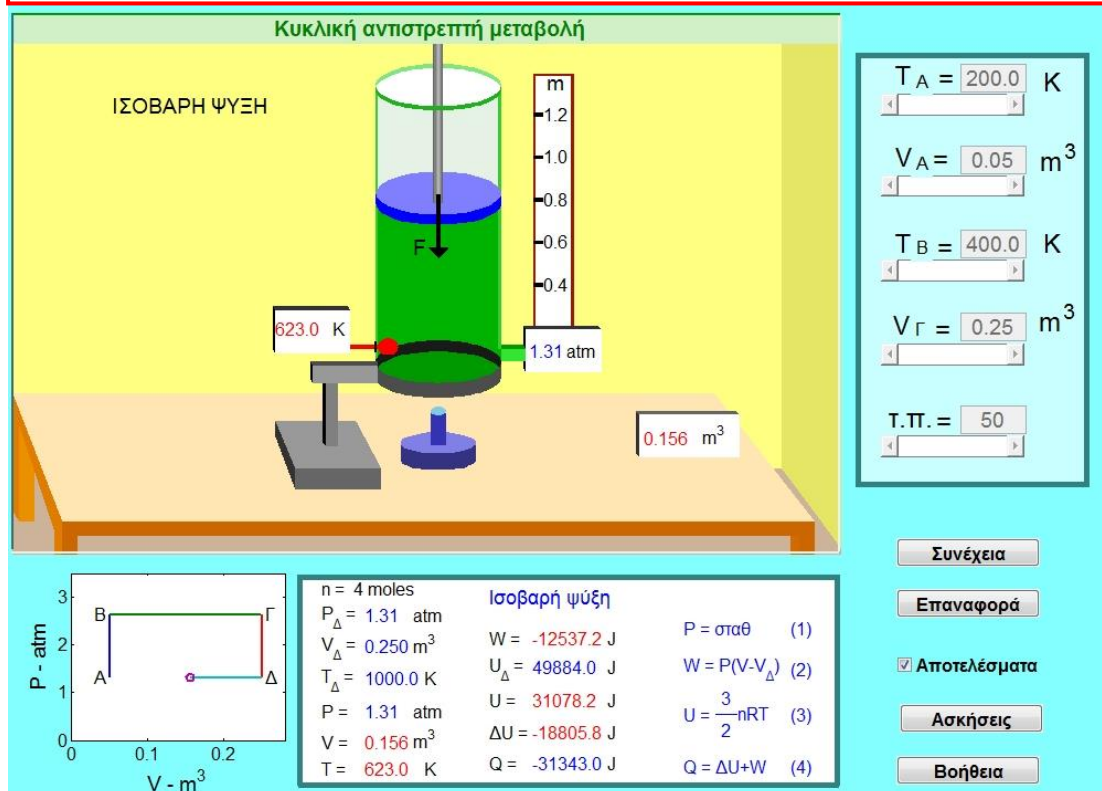
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Εφαρμογές

15. Κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση των βασικών αρχών της κυκλικής θερμικής μεταβολής.

Στην προκριμένη περίπτωση η κυκλική μεταβολή αποτελείται από τέσσερις μεταβολές.

Η πρώτη μεταβολή είναι ισοβαρής θέρμανση από μια αρχική κατάσταση Α σε μια κατάσταση Β.

Η δεύτερη μεταβολή είναι ισόχωρη ψύξη από την κατάσταση Β στην κατάσταση Γ.

Η τρίτη μεταβολή είναι ισοβαρής ψύξη από την κατάσταση Γ στην κατάσταση Δ.

Η τέταρτη μεταβολή είναι ισόχωρη θέρμανση από την κατάσταση Δ στην αρχική κατάσταση Α.

Για την ισοβαρή θέρμανση από την κατάσταση Α στην Β ισχύουν οι σχέσεις

$$P = \text{σταθ.} \quad (1)$$

$$W_{AB} = P(V_B - V_A) \quad (2)$$

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (3)$$

$$U_B = \frac{3}{2} nRT_B \quad (4)$$

$$\Delta U_{AB} = U_B - U_A = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) \quad (5)$$

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB} \quad (6)$$

$$\frac{V}{T} = \text{σταθ.} \quad (7)$$

Για την ισόχωρη ψύξη από την κατάσταση Β στην Γ ισχύουν οι σχέσεις

$$V = \text{σταθ.} \quad (8)$$

$$W_{BG} = 0 \quad (9)$$

$$U_G = \frac{3}{2} nRT_G \quad (10)$$

$$\Delta U_{BG} = U_G - U_B = \frac{3}{2} nR(T_G - T_B) \quad (11)$$

$$Q_{BG} = \Delta U_{BG} + W_{BG} \quad (12)$$

$$\frac{P}{T} = \text{σταθ.} \quad (13)$$

Για την ισοβαρή ψύξη από την κατάσταση Γ στην Δ ισχύουν οι σχέσεις

$$P = \text{σταθ.} \quad (14)$$

$$W_{GD} = P(V_G - V_D) \quad (15)$$

$$U_D = \frac{3}{2} nRT_D \quad (16)$$

$$\Delta U_{GD} = U_D - U_G = \frac{3}{2} nR(T_D - T_G) \quad (17)$$

$$Q_{GD} = \Delta U_{GD} + W_{GD} \quad (18)$$

$$\frac{V}{T} = \text{σταθ.} \quad (19)$$

Για την ισόχωρη θέρμανση από την κατάσταση Δ στην Α ισχύουν οι σχέσεις

$$V = \text{σταθ.} \quad (20)$$

$$W_{DA} = 0 \quad (21)$$

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (22)$$

$$\Delta U_{DA} = U_A - U_D = \frac{3}{2} nR(T_A - T_D) \quad (23)$$

$$Q_{DA} = \Delta U_{DA} + W_{DA} \quad (24)$$

$$\frac{P}{T} = \text{σταθ.} \quad (25)$$

Ο συντελεστής απόδοσης e της κυκλικής μεταβολής δίνεται από τη σχέση

$$e = 1 - \frac{|Q_{GD} + Q_{DA}|}{Q_{AB} + Q_{BG}} \quad (26)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η παραπάνω περιγραφείσα κυκλική μεταβολή. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles).

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει

- τον αρχικό όγκο V_A ,
- την θερμοκρασία T_A ,
- την θερμοκρασία T_B ,
- τον όγκο V_Γ ,

και να βλέπει σε κάθε μεταβολή τις αντίστοιχες τιμές

- του όγκου V ,
- της πίεσης P ,
- της θερμοκρασίας T ,
- του μηχανικού έργου W ,
- της εσωτερικής ενέργειας U ,
- της μεταβολής ΔU της εσωτερικής ενέργειας
- της θερμότητας Q ,

καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Στο τέλος της προσομοίωσης δείχνεται συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων και η τιμή του συντελεστή απόδοσης της κυκλικής διεργασίας.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοούνται οι βασικές αρχές σε μια κυκλική θερμική διεργασία.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T_A

Η θερμοκρασία του αερίου στην αρχική κατάσταση Α.

Παίρνει τιμές από 200 ως 400 °K

2. V_A

Ο όγκος του αερίου στην αρχική κατάσταση Α.

Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.15 m³.

3. T_B

Η θερμοκρασία του αερίου στην κατάσταση Β.

Παίρνει τιμές από 300 ως 500 °K

4. V_Γ

Ο όγκος του αερίου στην κατάσταση Γ.

Παίρνει τιμές από 0.1 ως 0.25 m³.

5. τ.π.

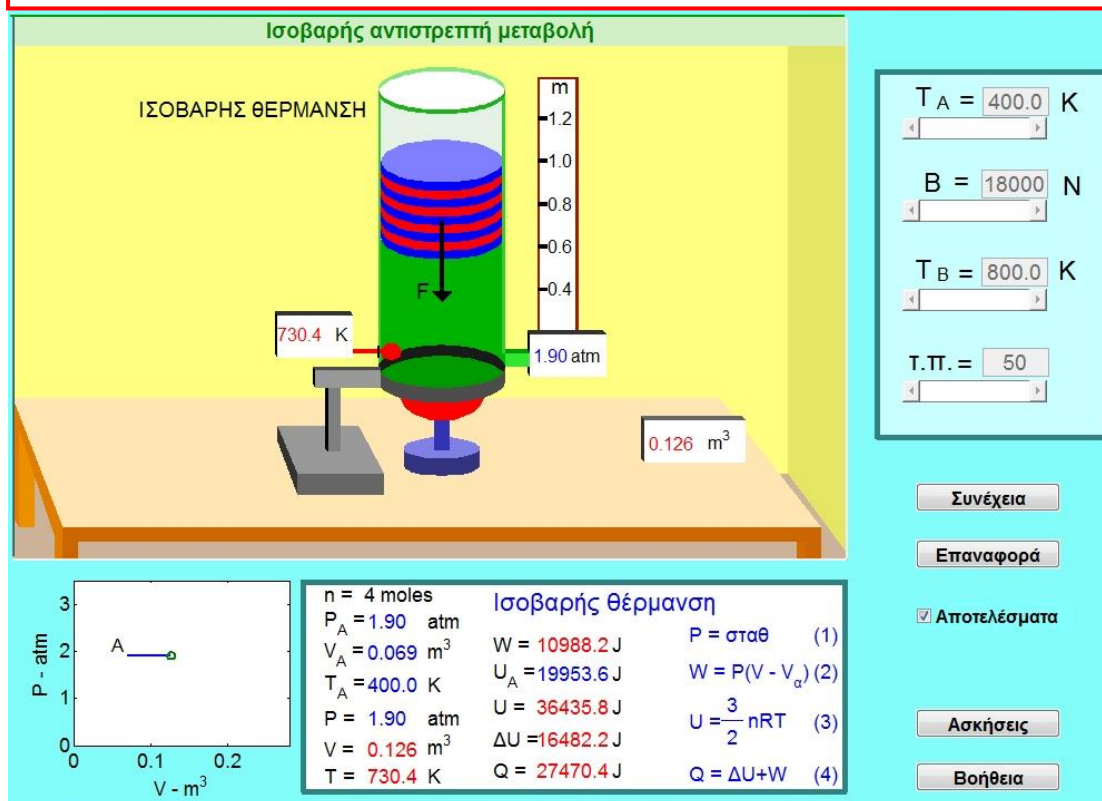
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Εφαρμογές

16. Ισοβαρής αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της ισοβαρής αντιστρεπτής μεταβολής για τα ιδανικά αέρια.

Η ισοβαρή αντιστρεπτή μεταβολή ενός ιδανικού αερίου γίνεται σε σταθερή πίεση.

Έστω το ιδανικό αέριο μεταβαίνει από την αρχική κατάσταση A στην τελική κατάσταση B και η μεταβολή γίνεται με σταθερό πίεση P.

Αν V_A είναι ο όγκος του στην κατάσταση A και V_T ο όγκος του στην κατάσταση B τότε το παραγόμενο (ή καταναλισκόμενο) από το αέριο μηχανικό έργο δίνεται από τη σχέση

$$W = P(V_T - V_A) \quad (1)$$

Αν T_A είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση A η εσωτερική ενέργεια U_A δίνεται από τη σχέση

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (2)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και R = 8.314 J/molK η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Αν T_B είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση B η εσωτερική ενέργεια U_B δίνεται από τη σχέση

$$U_B = \frac{3}{2} nRT_B \quad (3)$$

Η μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας στην ισόχωρη μεταβολή ισούται

$$\Delta U = U_B - U_A \quad (4)$$

Από τις σχέσεις (4) , (5) και (6) προκύπτει

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) \quad (5)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q = \Delta U + W \quad (6)$$

όπου Q το ποσό της θερμότητας που απορροφά (ή εκλύει) το αέριο κατά την μετάβασή του από την κατάσταση A στην κατάσταση B.

Επίσης στην ισοβαρή μεταβολή επειδή η πίεση παραμένει σταθερή ισχύει η σχέση

$$\frac{V}{T} = \text{σταθ.} \quad (7)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η ισοβαρή θέρμανση ιδανικού αερίου. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles)
Το αέριο βρίσκεται σε κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο θερμοκρασίας T_A και όγκου V_A .

Το επάνω μέρος του δοχείου κλείνεται με αβαρές έμβολο πάνω στο οποίο βρίσκονται διάφορα σταθμά που το καθένα έχει βάρος 2000 N.

Η βάση του δοχείου έχει εμβαδό S.

Το αέριο θερμαίνεται μέχρι να αποκτήσει θερμοκρασία T_B και αντίστοιχο όγκο V_B .

Όπως δείχνεται το παραγόμενο έργο δίνεται από τη σχέση

$$W = V_A \left(P_{\text{atm}} - \frac{B}{S} \right) \left(\frac{T_B - T_A}{T_A} \right) \quad (8)$$

όπου P_{atm} η ατμοσφαιρική πίεση και B είναι το ολικό βάρος των σταθμών.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει την αρχική T_A , την τελική T_B θερμοκρασία του αερίου, το ολικό βάρος B των σταθμών και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές της πίεσης P, του όγκου V, της θερμοκρασίας T, του παραγόμενου μηχανικού έργου W, της εσωτερικής ενέργειας U, της μεταβολής ΔU της εσωτερικής ενέργειας,, της απορροφημένης θερμότητας Q καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Σχόλιο:

Όπως προκύπτει από τη σχέση (1) αν ο τελικός όγκος V_t είναι μεγαλύτερος του αρχικού όγκου V_a το μηχανικό έργο είναι θετικό και τότε λέμε ότι το αέριο παράγει μηχανικό έργο.

Αν ο τελικός όγκος V_t είναι μικρότερος του αρχικού όγκου V_a το μηχανικό έργο είναι αρνητικό και τότε λέμε ότι το αέριο καταναλώνει μηχανικό έργο.

Όμοια αν η θερμότητα Q είναι θετική τότε λέμε ότι το αέριο απορροφά θερμότητα ενώ αν είναι αρνητική ότι εκλύει (αποδίδει) θερμότητα.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η ισοβαρή μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T_A

Η αρχική θερμοκρασία του αερίου.

Παίρνει τιμές από 300 ως 600 K.

2. B

Το ολικό βάρος των σταθμών.

Παίρνει τις διακριτές τιμές από 2000, 4000, 6000,...22000 N.

3. T_B

Η τελική θερμοκρασία του αερίου.

Παίρνει τιμές από 400 ως 1000 °C.

4. $\tau.π.$

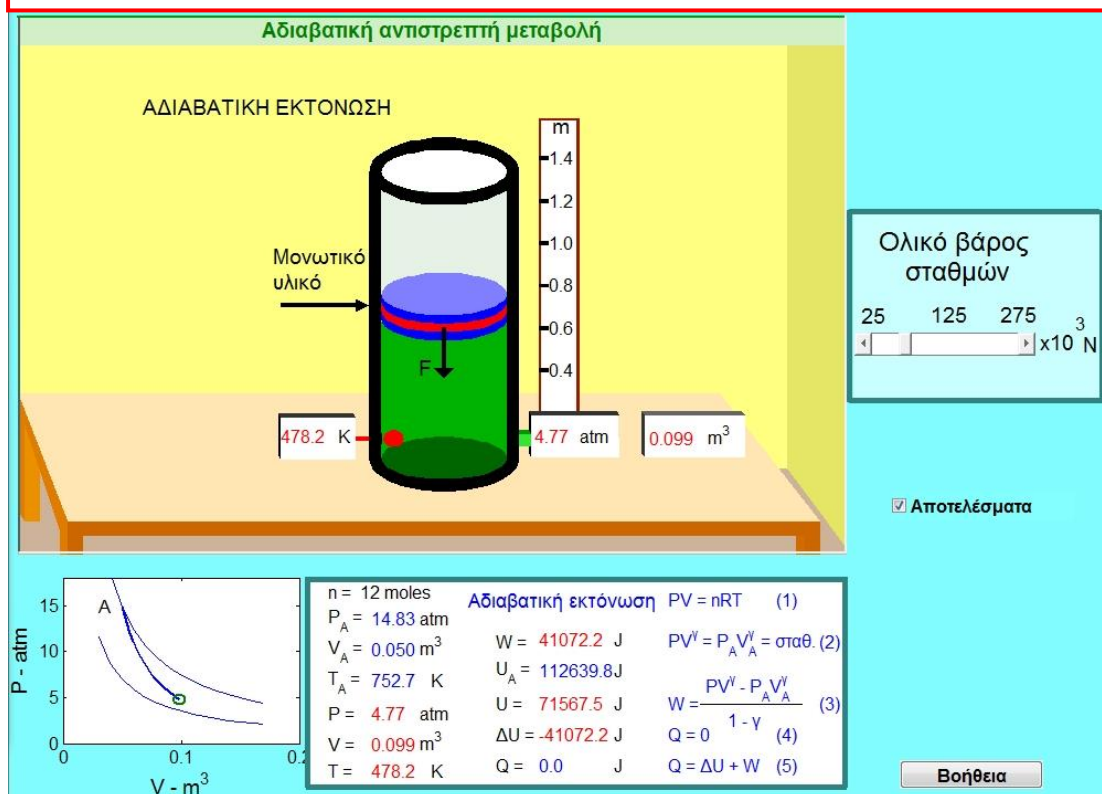
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Εφαρμογές

17. Αδιαβατική αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της αδιαβατικής αντιστρεπτής μεταβολής για τα ιδανικά αέρια.

Η αδιαβατική αντιστρεπτή μεταβολή ενός ιδανικού αερίου γίνεται όταν το αέριο δεν ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον του, δηλαδή

$$Q = 0 \quad (1)$$

Για να μην ανταλλάσσει το αέριο θερμότητα με το περιβάλλον του θα πρέπει τα δοχείο που περιέχει το αέριο να αποτελείται από μονωτικό (αδιαβατικό) υλικό.

Έστω το ιδανικό αέριο μεταβαίνει με αδιαβατικό τρόπο από την αρχική κατάσταση A στην τελική κατάσταση B.

Αν T_A είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση A η εσωτερική ενέργεια U_A δίνεται από τη σχέση

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (2)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και $R = 8.314 \text{ J/molK}$ η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Αν T_B είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση B η εσωτερική ενέργεια U_B δίνεται από τη σχέση

$$U_B = \frac{3}{2} nRT_B \quad (3)$$

Η μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας στην ισόχωρη μεταβολή ισούται

$$\Delta U = U_B - U_A \quad (4)$$

Από τις σχέσεις (4) , (5) και (6) προκύπτει

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) \quad (5)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q = \Delta U + W \quad (6)$$

Από τις σχέσεις (1) και (6) προκύπτει ότι στην αδιαβατική μεταβολή ισχύει

$$W = - \Delta U \quad (7)$$

Επίσης για την αδιαβατική μεταβολή ισχύει οι σχέσεις

$$PV^\gamma = \text{σταθ.} \quad (8)$$

και

$$W = \frac{P_\tau V_\tau - P_\alpha V_\alpha}{1-\gamma} \quad (9)$$

όπου οι δείκτες α και τ δηλώνουν την αρχική Α και τελική Β κατάσταση του αερίου ενώ το γ είναι ένας καθαρός αριθμός που ισούται με το λόγο των ειδικών θερμοτήτων του αερίου. Για τα ιδανικά αέρια το γ ισούται με 5/3.

Στην προσομοίωση δείχνεται η αδιαβατική μεταβολή, εκτόνωση ιδανικού αερίου.

Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles).

Αρχικά το αέριο βρίσκεται σε κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο όγκου V_A ίσο με 0.05 m³.

Το επάνω μέρος του δοχείου κλείνεται με αβαρές έμβολο πάνω στο οποίο βρίσκονται σταθμά που το καθένα έχει βάρος 25000 N.

Αφαιρώντας διαδοχικά όλα τα σταθμά το αέριο εκτονώνεται με αδιαβατικό τρόπο.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει το ολικό βάρος Β των σταθμών και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V, της πίεσης P, της θερμοκρασίας T, του μηχανικού έργου W, της εσωτερικής ενέργειας U, τη μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας, της θερμότητας Q καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Σχόλιο:

Αν στην αδιαβατική μεταβολή ο τελικός όγκος Vτ είναι μεγαλύτερος του αρχικού όγκου Vα η μεταβολή λέγεται αδιαβατική εκτόνωση. Στην αντίθετη περίπτωση λέγεται αδιαβατική συμπίεση.

Στην πράξη αν η μεταβολή γίνει γρήγορα τότε μόνο ένα μικρό ποσό της θερμότητας μετακινείται από το αέριο στο περιβάλλον ή αντίστροφα και η μεταβολή μπορεί να θεωρηθεί αδιαβατική.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοείται η αδιαβατική μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

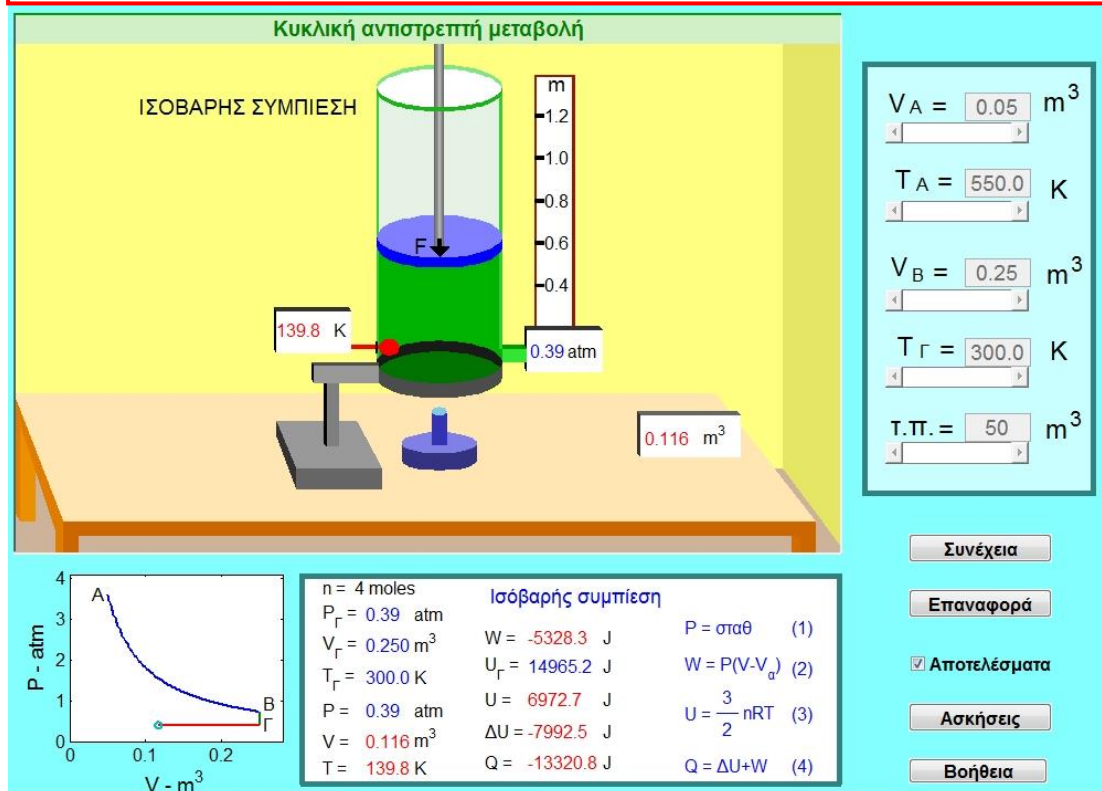
1. B

Το ολικό βάρος των σταθμών.

Παίρνει τις διακριτές τιμές από 25000, 50000, 75000,...275000 N.

Εφαρμογές

18. Κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση των βασικών αρχών της κυκλικής θερμικής μεταβολής.

Στην προκριμένη περίπτωση η κυκλική μεταβολή αποτελείται από τέσσερις μεταβολές.

Η πρώτη μεταβολή είναι ισόθερμη εκτόνωση από μια αρχική κατάσταση Α σε μια κατάσταση Β.

Η δεύτερη μεταβολή είναι ισόχωρη ψύξη από την κατάσταση Β στην κατάσταση Γ.

Η τρίτη μεταβολή είναι ισοβαρής ψύξη από την κατάσταση Γ στην κατάσταση Δ.

Η τέταρτη μεταβολή είναι ισόχωρη θέρμανση από την κατάσταση Δ στην αρχική κατάσταση Α.

Για την ισόθερμη εκτόνωση από την κατάσταση Α στην Β ισχύουν οι σχέσεις

$$PV = \text{σταθ.} \quad (1)$$

$$T_A = T_B = T \quad (2)$$

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (3)$$

$$U_B = \frac{3}{2} nRT_B \quad (4)$$

$$\Delta U_{AB} = U_B - U_A = 0 \quad (5)$$

$$W_{AB} = nRT \ln \frac{V_B}{V_A} \quad (6)$$

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB} \quad (7)$$

Για την ισόχωρη ψύξη από την κατάσταση Β στην Γ ισχύουν οι σχέσεις

$$V = \text{σταθ.} \quad (8)$$

$$W_{B\Gamma} = 0 \quad (9)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{3}{2} nRT_{\Gamma} \quad (10)$$

$$\Delta U_{B\Gamma} = U_{\Gamma} - U_B = \frac{3}{2} nR(T_{\Gamma} - T_B) \quad (11)$$

$$Q_{B\Gamma} = \Delta U_{B\Gamma} + W_{B\Gamma} \quad (12)$$

$$\frac{P}{T} = \text{σταθ.} \quad (13)$$

Για την ισοβαρή ψύξη από την κατάσταση Γ στην Δ ισχύουν οι σχέσεις

$$P = \text{σταθ.} \quad (14)$$

$$W_{\Gamma\Delta} = P(V_{\Gamma} - V_{\Delta}) \quad (15)$$

$$U_{\Delta} = \frac{3}{2} nRT_{\Delta} \quad (16)$$

$$\Delta U_{\Gamma\Delta} = U_{\Delta} - U_{\Gamma} = \frac{3}{2} nR(T_{\Delta} - T_{\Gamma}) \quad (17)$$

$$Q_{\Gamma\Delta} = \Delta U_{\Gamma\Delta} + W_{\Gamma\Delta} \quad (18)$$

$$\frac{V}{T} = \text{σταθ.} \quad (19)$$

Για την ισόχωρη θέρμανση από την κατάσταση Δ στην Α ισχύουν οι σχέσεις

$$V = \text{σταθ.} \quad (20)$$

$$W_{\Delta A} = 0 \quad (21)$$

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \quad (22)$$

$$\Delta U_{\Delta A} = U_A - U_{\Delta} = \frac{3}{2} nR(T_A - T_{\Delta}) \quad (23)$$

$$Q_{\Delta A} = \Delta U_{\Delta A} + W_{\Delta A} \quad (24)$$

$$\frac{P}{T} = \text{σταθ.} \quad (25)$$

Ο συντελεστής απόδοσης e της κυκλικής μεταβολής δίνεται από τη σχέση

$$e = 1 - \frac{|Q_{B\Gamma} + Q_{\Gamma\Delta}|}{Q_{AB} + Q_{\Delta A}} \quad (26)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η παραπάνω περιγραφείσα κυκλική μεταβολή. Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles).

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει

- τον αρχικό όγκο V_A ,
- την θερμοκρασία T_A ,
- την θερμοκρασία T_B ,
- τον όγκο V_Γ ,

και να βλέπει σε κάθε μεταβολή τις αντίστοιχες τιμές

- του όγκου V ,
- της πίεσης P ,
- της θερμοκρασίας T ,
- του μηχανικού έργου W ,
- της εσωτερικής ενέργειας U ,
- της μεταβολής ΔU της εσωτερικής ενέργειας
- της θερμότητας Q ,

καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Στο τέλος της προσομοίωσης δείχνεται συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων και η τιμή του συντελεστή απόδοσης της κυκλικής διεργασίας.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:

Με την προσομοίωση κατανοούνται οι βασικές αρχές σε μια κυκλική θερμική διεργασία.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T_A

Η θερμοκρασία του αερίου στην αρχική κατάσταση A.

Παίρνει τιμές από 300 ως 550 °K

2. V_A

Ο όγκος του αερίου στην αρχική κατάσταση A.

Παίρνει τιμές από 0.05 ως 0.15 m³.

3. V_B

Ο όγκος του αερίου στην κατάσταση B.

Παίρνει τιμές από 0.1 ως 0.25 m³.

4. T_Γ

Η θερμοκρασία του αερίου στην κατάσταση Γ.

Παίρνει τιμές από 200 ως 400 °K

5. τ.π.

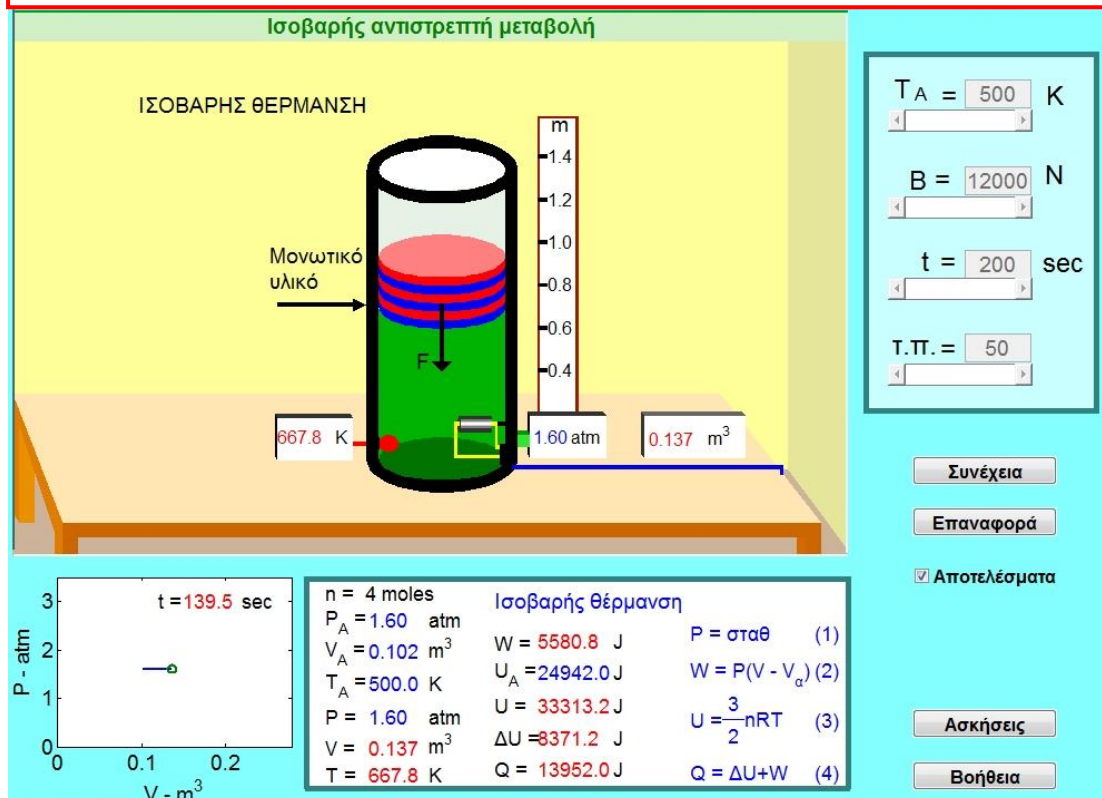
Η ταχύτητα της προσομοίωσης.

Παίρνει τιμές από 1 ως 100.

Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Εφαρμογές

19. Ισοβαρής αντιστρεπτή μεταβολή



Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της ισοβαρής αντιστρεπτής μεταβολής για τα ιδανικά αέρια.

Η ισοβαρή αντιστρεπτή μεταβολή ενός ιδανικού αερίου γίνεται σε σταθερή πίεση.

Έστω το ιδανικό αέριο μεταβαίνει από την αρχική κατάσταση A στην τελική κατάσταση B και η μεταβολή γίνεται με σταθερό πίεση P.

Αν V_A είναι ο όγκος του στην κατάσταση A και V_T ο όγκος του στην κατάσταση B τότε το παραγόμενο (ή καταναλισκόμενο) από το αέριο μηχανικό έργο δίνεται από τη σχέση

$$W = P(V_T - V_A) \quad (1)$$

Αν T_A είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση A η εσωτερική ενέργεια U_A δίνεται από τη σχέση

$$U_A = \frac{3}{2}nRT_A \quad (2)$$

όπου n είναι το πλήθος των γραμμομορίων του αερίου και R = 8.314 J/molK η σταθερά των ιδανικών αερίων.

Αν T_B είναι η απόλυτη θερμοκρασία του στην κατάσταση B η εσωτερική ενέργεια U_B δίνεται από τη σχέση

$$U_B = \frac{3}{2}nRT_B \quad (3)$$

Η μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας στην ισόχωρη μεταβολή ισούται

$$\Delta U = U_B - U_A \quad (4)$$

Από τις σχέσεις (4) , (5) και (6) προκύπτει

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) \quad (5)$$

Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει

$$Q = \Delta U + W \quad (6)$$

όπου Q το ποσό της θερμότητας που απορροφά (ή εκλύει) το αέριο κατά την μετάβαση του από την κατάσταση A στην κατάσταση B.

Επίσης στην ισοβαρή μεταβολή επειδή η πίεση παραμένει σταθερή ισχύει η σχέση

$$\frac{V}{T} = \text{σταθ.} \quad (7)$$

Στην προσομοίωση δείχνεται η ισοβαρής θέρμανση ιδανικού αερίου.

Το αέριο έχει σταθερή μάζα, ίση με 4 γραμμομόρια (moles).

Το αέριο βρίσκεται σε κατακόρυφο κυλινδρικό θερμοκρασίας T_A .

Το επάνω μέρος του δοχείου κλείνεται με αβαρές έμβολο πάνω στο οποίο βρίσκονται σταθμά που το καθένα έχει βάρος 2000 N.

Το αέριο μπορεί να θερμανθεί μέσω μιας ωμικής αντίστασης 10 kΩ που διαρρέεται από ρεύμα έντασης 0.1 A. Σε χρόνο t η αντίσταση εκλύει θερμότητα

$$Q = i^2 R t \quad (8)$$

την οποία απορροφά το αέριο.

Ένα μέρος της θερμότητας τρέπεται σε μηχανικό έργο με μετακίνηση του εμβόλου και το υπόλοιπο σε αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

Ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μεταβάλει την αρχική θερμοκρασία T_A , το ολικό βάρος B των σταθμών, το χρόνο t θέρμανσης του δοχείου και να βλέπει τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V, της πίεσης P, της θερμοκρασίας T, του μηχανικού έργου W, της εσωτερικής ενέργειας U, τη μεταβολή ΔU της εσωτερικής ενέργειας, της θερμότητας Q καθώς και τη γραφική παράσταση της πίεσης σε σχέση με τον όγκο του αερίου.

Σχόλιο:

Όπως προκύπτει από τη σχέση (1) αν ο τελικός όγκος V_t είναι μεγαλύτερος του αρχικού όγκου V_a το μηχανικό έργο είναι θετικό και τότε λέμε ότι το αέριο παράγει μηχανικό έργο.

Αν ο τελικός όγκος V_t είναι μικρότερος του αρχικού όγκου V_a το μηχανικό έργο είναι αρνητικό και τότε λέμε ότι το αέριο καταναλώνει μηχανικό έργο.

Όμοια αν η θερμότητα Q είναι θετική τότε λέμε ότι το αέριο απορροφά θερμότητα ενώ αν είναι αρνητική ότι εκλύει (αποδίδει) θερμότητα.

Συμπέρασμα από την εκτέλεση της προσομοίωσης:
Με την προσομοίωση κατανοείται η ισοβαρή μεταβολή των ιδανικών αερίων.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T_A

Η θερμοκρασία του αερίου στην αρχική κατάσταση Α.
Παίρνει τιμές από 300 ως 600 °K.

2. B

Το ολικό βάρος των σταθμών.
Παίρνει τις διακριτές τιμές από 2000, 4000,...22000 N.

3. t

Ο χρόνος θέρμανσης του αερίου
Παίρνει τιμές από 500 ως 600 sec.

4. τ.π.

Η ταχύτητα της προσομοίωσης.
Παίρνει τιμές από 1 ως 100.
Όσο αυξάνεται η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο γρήγορα εκτελείται το πρόγραμμα.

Εφαρμογές
20. Λειτουργία βενζοκινητήρα

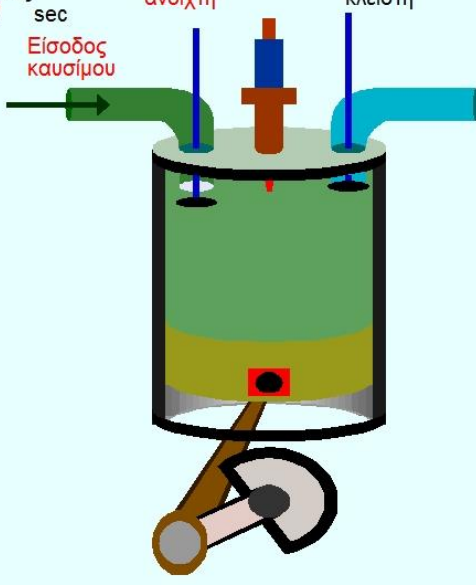
Λειτουργία βενζοκινητήρα

1^{ος} Χρόνος
 $t = 46.7$ sec

Είσοδος καυσίμου

Βαλβίδα εισόδου ανοιχτή

Βαλβίδα εξόδου κλειστή



$T = 20.0$ sec

$t = 1000$ sec

Σκοπός της προσομοίωσης είναι η κατανόηση της λειτουργίας του τετράχρονου βενζοκινητήρα εσωτερικής καύσης .

Τα βασικά μέρη του βενζοκινητήρα είναι ο κύλινδρος, το έμβολο, η βαλβίδα εισόδου του καυσίμου, η βαλβίδα εξόδου των καυσαερίων και το μπουζί που προκαλεί το σπινθήρα ανάφλεξης του καυσίμου.

Ο κύκλος λειτουργίας του βενζοκινητήρα περιλαμβάνει τέσσερις χρόνους.

Στον 1^ο χρόνο η βαλβίδα εισόδου είναι ανοιχτή, μίγμα βενζίνης και αέρα εισέρχεται στον κύλινδρο ενώ η βαλβίδα εξόδου είναι κλειστή. Στη φάση αυτή το έμβολο κατέρχεται.

Στον 2^ο χρόνο οι βαλβίδες είναι κλειστές, και το έμβολο ανέρχεται συμπιέζοντας το καύσιμο υλικό. Στο τέλος του χρόνου το καύσιμο υλικό αναφλέγεται από σπινθήρα που προκαλεί το μπουζί παράγοντας θερμά αέρια (καυσαέρια).

Στον 3^ο χρόνο οι βαλβίδες είναι κλειστές και το έμβολο κατέρχεται βίαια λόγω της πίεσης που προκαλούν τα αέρια της καύσης. Στη φάση αυτή το έμβολο παράγει έργο.

Στον 4^ο χρόνο η βαλβίδα εξόδου είναι ανοιχτή και το έμβολο ανέρχεται ωθώντας τα αέρια καύσης προς την έξοδο.

Αν T είναι η περίοδος του εμβόλου τότε ο χρόνος του κύκλου του βενζοκινητήρα είναι $2T$

Στην προσομοίωση ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει την περίοδο του εμβόλου, το χρόνο λειτουργίας του βενζοκινητήρα, να παρατηρεί την κίνηση του εμβόλου, τις μεταβολές του καυσίμου και αερίων καύσης.

Παράμετροι Προγράμματος

1. T

Η περίοδος του εμβόλου.
Παίρνει τιμές από 1 ως 50 sec

2. t

Ο χρόνος λειτουργίας του βενζοκινητήρα.
Παίρνει τιμές από 100 ως 10000 sec