ΛΥΜΕΝΑ ΘΕΜΑΤΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ
Τμήμα Οχημάτων ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Επιβατηγό όχημα με κίνηση σε δύο τροχούς λειτουργεί χωρίς φορτίο (δηλ. στο ρελαντί). Περιγράψτε επακριβώς τους διάφορους τρόπους γένεσης εντροπίας που εμφανίζονται στην εν λόγω περίπτωση – δηλ. πού παρατηρείται τί και πώς **[1.5]**
2. Υποθέτοντας εύλογες τιμές για τις διακυμάνσεις της ατμοσφαιρικής πίεσης και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, να ελεγχθεί αν υπάρχει περίπτωση η πυκνότητα του αέρα σε ένα μέρος του πλανήτη να είναι διπλάσια από ότι σε ένα άλλο μέρος **[1.0]**
3. Επεξηγήστε αναλυτικά πώς επηρεάζεται για ατμοσφαιρική πλήρωση ο βαθμός απόδοσης και η ωφέλιμη ισχύς από τις μεταβολές της πυκνότητας του αέρα:
   α) του θεωρητικού κύκλου Ότto **[1.0]**
   β) του πραγματικού κύκλου ενός βενζινοκινητήρα σε μερικό και σε πλήρες φορτίο **[1.5]**

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

Ερώτηση 1

Επειδή το επιβατηγό όχημα λειτουργεί στο ρελαντί (χωρίς φορτίο) το όχημα είναι ακίνητο.
Ο ρυθμός περιστροφής όμως του κινητήρα του εσωτερικής καύσης είναι περίπου 900 στροφές/λεπτό πράγμα το οποίο συντελεί στην αύξηση της εντροπίας του κινητήρα.

Επίσης συντελείται καύση του μείγματος βενζίνης μέσα στον κινητήρα μέσω του θερμοδυναμικού κύκλου που ακολουθείται με συνέπεια την αύξηση της εντροπίας του μείγματος καυσίμου.
Ακόμη η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού στο ψυγείο του αυτοκινήτου κατά τη λειτουργία του αυξάνει την εντροπία του νερού.
Τέλος η αποβολή των καυσαερίων απ' την εξάτμιση αυξάνει την εντροπία του περιβάλλοντος.

Ερώτηση 2

Σύμφωνα με τον ορισμό της πυκνότητας ισχύει: $\rho = \frac{m}{V}$ (1)

Θεωρώντας ότι ο αέρας συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο, τότε σύμφωνα με την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων ισχύει:

$$PV = mRT \rightarrow \frac{m}{V} = \frac{P}{RT} \quad (2)$$

Συνεπώς η (1) λόγω της (2) γίνεται: $\rho = \frac{P}{RT}$ (3)

Άρα αν σε δύο μέρη του πλανήτη επικρατεί η ίδια πίεση P και διαφορετικές θερμοκρασίες T_1, T_2 τότε η πυκνότητα του αέρα σε αυτά σύμφωνα με τη σχέση (3) θα είναι:

$$\rho_1 = \frac{P}{RT_1} \quad (4) \qquad \text{και} \qquad \rho_2 = \frac{P}{RT_2} \quad (5)$$

Επομένως για να είναι η μια διπλάσια της άλλης πρέπει:

$$\rho_1 = 2\rho_2 \xrightarrow{(4),(5)} \frac{\cancel{P}}{\cancel{R}T_1} = 2\frac{\cancel{P}}{\cancel{R}T_2} \rightarrow \boxed{T_2 = 2T_1} \quad (6)$$

δηλ. θα πρέπει η απόλυτη θερμοκρασία T στο ένα μέρος να είναι διπλάσια απ' το άλλο, πράγμα αδύνατον.

Επειδή $T = 273 + \theta$ η (6) δίνει:

$$273 + \theta_2 = 2 \cdot (273 + \theta_1) \rightarrow 273 + \theta_2 = 546 + 2\theta_1 \rightarrow \boxed{\theta_2 = 273 + 2\theta_1}$$

δηλ. η θερμοκρασιακή διαφορά είναι πάρα πολύ μεγάλη κι αδύνατη να συμβεί. (π.χ. για $\theta_1 = 30^\circ C$ είναι $\theta_2 = 333^\circ C$).

Ερώτηση 3

Ο κύριος σκοπός της ατμοσφαιρικής πλήρωσης είναι η αύξ[ηση] της απόδοσης και της παραγόμενης ισχύος του κινητήρα χω[ρίς] αύξηση του μεγέθους του.

Αυτό επιτυγχάνεται αυξάνοντας την πίεση εισαγωγής μέσω της αύξησης της μάζας αέρα που αναρροφάται απ' τον κύλινδρο κατά τη φάση εισαγωγής (που αντιστοιχεί σε αύξηση της πυκνότητας του αέρα), επιτρέποντας έτσι περισσότερο καύσιμο να καεί, οπότε και να παραχθεί περισσότερη ισχύς.

Στον κύκλο του Otto η απόδοση είναι:

$$n = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}$$, όπου ε ο λόγος συμπίεσης.

και η ισχύς του είναι:

$$P = nQ\frac{N}{2}$$, όπου n: η απόδοση

Q: η εκλυόμενη θερμότητα

N: ο αριθμός των στροφών ανά sec του κινητήρα.

...κινητήρα.
Στο βενζινοκινητήρα γίνεται χρήση μιας βαλβίδας (πεταλούδα φορτίου) έτσι ώστε να ελαττώνεται η ποσότητα του αναρροφούμενου αέρα - βενζίνης (μίγματος). Συνεπώς με κλείσιμο της πεταλούδας η πίεση του μίγματος μειώνεται από $p_1 \simeq p_{atm}$ για πλήρες φορτίο σε $p_1' < p_1$ για μερικό φορτίο.

Θεωρώντας ότι το αέριο είναι ιδανικό και η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή απ' την καταστατική εξίσωση προκύπτει

$$\left.\begin{array}{l} p_1 V_1 = nRT \\ p_1' V_1' = nRT \end{array}\right\} \rightarrow p_1 V_1 = p_1' V_1' \rightarrow V_1' = \frac{p_1}{p_1'} V_1 \quad \text{δηλ.} \quad V_1' > V_1.$$

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η λειτουργία του βενζινοκινητήρα σε μερικό φορτίο να συνεπάγεται σημαντική μείωση του βαθμού απόδοσής του και της ωφέλιμης ισχύος του.

Συγγραφή – Επιμέλεια: Παναγιώτης Φ. Μοίρας

ΣΟΛΩΜΟΥ 29 - ΑΘΗΝΑ ☎ 6932 946778
www.pmoiras.weebly.com

ΑΣΚΗΣΗ

Θεωρητικός κύκλος Ντήζελ με λόγο συμπίεσης 19 διαθέτει τα παρακάτω κοινά χαρακτηριστικά με θεωρητικό κύκλο Joule:

- κοινό σημείο 1: ελάχιστη θερμοκρασία 27 ^{o}C, ελάχιστη πίεση 1 bar
- κοινό σημείο 2
- κοινή μέγιστη θερμοκρασία 2300 ^{o}C

Ζητούνται:

α) να υπολογιστούν οι πιέσεις και οι θερμοκρασίες των υπόλοιπων σημείων των δύο κύκλων **[2.5]**

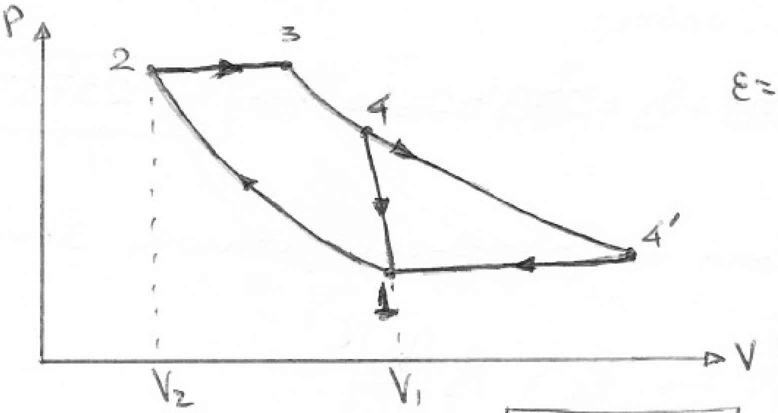
β) να υπολογισθεί ο βαθμός απόδοσης αμφότερων των κύκλων **[1.5]**

γ) να σχεδιαστούν οι κύκλοι σε κοινά διαγράμματα p-v και T-s, με ταυτόχρονη ένδειξη των διάφορων καταστατικών μεγεθών **[1.5]**

Παραδοχή: Το εργαζόμενο αέριο είναι τέλειο, με ειδική σταθερά 287 J/kgK και συντελεστή αδιαβατικής μεταβολής 1.4

ΛΥΣΗ

α/ Ο κύκλος Diesel αποτελείται από μια αδιαβατική συμπίεση 1→2, μια ισοβαρή θέρμανση 2→3, μια αδιαβατική εκτόνωση 3→4 και μια ισόχωρη ψύξη 4→1.
Ο κύκλος Joule αποτελείται από μια αδιαβατική συμπίεση 1→2, μια ισοβαρή θέρμανση 2→3, μια αδιαβατική εκτόνωση 3→4′ και μια ισοβαρή ψύξη 4′→1.
Η γραφική απεικόνιση των δύο αυτών κύκλων σε κοινό διάγραμμα P-V φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = 19$$

Σημείο 1: $T_1 = 273 + \theta_1 = 273 + 27 \rightarrow \boxed{T_1 = 300^\circ K}$

$P_1 = 1\,bar$.

Σημείο 2: Κατά την αδιαβατική συμπίεση 1→2 ισχύει:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma \rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^\gamma \rightarrow P_2 = P_1\,\varepsilon^\gamma = 1\,bar \cdot 19^{1,4} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{P_2 = 61,7\,bar}$$

Επίσης: $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/\gamma-1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma} \rightarrow \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/\gamma-1} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\gamma} \rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}} \rightarrow$

$\rightarrow T_2 = \varepsilon^{\gamma-1} \cdot T_1 = 19^{1,4-1} \cdot 300^\circ K = 19^{0,4} \cdot 300^\circ K = 3{,}25 \cdot 300^\circ K \rightarrow$

$\rightarrow \boxed{T_2 = 975^\circ K}$

Σημείο 3: Λόγω της ισοβαρούς θέρμανσης $2 \rightarrow 3$ είναι:

$\boxed{P_3 = P_2 = 61{,}7\,bar}$

Το σημείο αυτό έχει τη μέγιστη θερμοκρασία σε κάθε κύκλο $\vartheta_3 = 2300^\circ C$, οπότε:

$T_3 = 273 + \vartheta_3 = 273 + 2300 \rightarrow \boxed{T_3 = 2573^\circ K}$

Σημείο 4: Κατά την αδιαβατική εκτόνωση $3 \rightarrow 4$ ισχύει:

$$\frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma} \rightarrow P_4 = P_3 \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma}$$

λόγω της ισόχωρης ψύξης $4 \rightarrow 1$ είναι $V_4 = V_1$ οπότε η προηγούμενη γίνεται: $P_4 = P_3 \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^{\gamma}$ (1)

Εφαρμόζοντας την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων στα σημεία 1 και 3 υπολογίζουμε τους όγκους V_1, V_3 ως:

$1: \; P_1 V_1 = R^* T_1 \rightarrow V_1 = \frac{R^* T_1}{P_1} = \frac{287 \cdot 300}{10^5} = 86100 \cdot 10^{-5} \; m^3/kg \rightarrow$

$(P_1 = 1 \, bar = 10^5 \, Pa \; \acute{\eta} \; N/m^2) \quad \rightarrow \underline{V_1 = 0{,}861 \; m^3/kg}$.

$3: \; P_3 V_3 = R^* T_3 \rightarrow V_3 = \frac{R^* T_3}{P_3} = \frac{287 \cdot 2573}{61{,}7 \cdot 10^5} = 11968 \cdot 10^{-5} \; m^3/kg \rightarrow$

$\rightarrow \underline{V_3 = 0{,}11968 \; m^3/kg}$

Άρα η (1) δίνει: $P_4 = 61{,}7 \, bar \left(\frac{0{,}11968}{0{,}861}\right)^{1{,}4} = 61{,}7 \, bar \cdot 0{,}14^{1{,}4} =$

$= 61{,}7 \, bar \cdot 0{,}0637 \rightarrow \boxed{P_4 = 3{,}93 \, bar}$

Επίσης ισχύει:

$\frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{T_3}{T_4}\right)^{\gamma/\gamma-1} \rightarrow \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \frac{T_3}{T_4} \rightarrow T_4 = T_3 \cdot \left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} =$

$= 2573^\circ K \left(\frac{3{,}93}{61{,}7}\right)^{\frac{1{,}4-1}{1{,}4}} = 2573^\circ K \cdot (0{,}064)^{0{,}286} = 2573^\circ K \cdot 0{,}455 \rightarrow$

$\rightarrow \boxed{T_4 = 1171^\circ K}$

Σημείο 4': Κατά την ισοβαρή ψύξη 4'→1 ισχύει:

$\boxed{P_{4'} = P_1 = 1 \, bar}$

Ενώ για την αδιαβατική εκτόνωση 3 → 4΄ ισχύει:

$$\frac{P_3}{P_4'} = \left(\frac{T_3}{T_{4'}}\right)^{\gamma/\gamma-1} \rightarrow \left(\frac{P_3}{P_{4'}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \frac{T_3}{T_{4'}} \rightarrow T_{4'} = T_3 \left(\frac{P_{4'}}{P_3}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \rightarrow$$

$$\rightarrow T_{4'} = 2573^\circ K \cdot \left(\frac{1}{61{,}7}\right)^{\frac{1{,}4-1}{1{,}4}} = 2573^\circ K \cdot (0{,}0162)^{0{,}286} =$$

$$= 2573^\circ K \cdot 0{,}31 \rightarrow \boxed{T_{4'} = 797{,}6^\circ K}$$

β/ Ο βαθμός απόδοσης του κύκλου Diesel δίνεται απ' τη σχέση:

$$n = 1 - \frac{\varphi^\gamma - 1}{\gamma(\varphi-1)} \cdot \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}$$

όπου $\varphi = \frac{T_3}{T_2} = \frac{2573}{975} \rightarrow \varphi = 2{,}64$ ο λόγος διακοπής.

Οπότε: $$n = 1 - \frac{2{,}64^{1{,}4} - 1}{1{,}4(2{,}64-1)} \cdot \frac{1}{19^{1{,}4-1}} = 1 - \frac{3{,}89-1}{1{,}4 \cdot 1{,}64} \cdot \frac{1}{3{,}247} =$$

$$= 1 - \frac{2{,}89}{2{,}296} \cdot 0{,}308 = 1 - 1{,}259 \cdot 0{,}308 = 1 - 0{,}388 \rightarrow$$

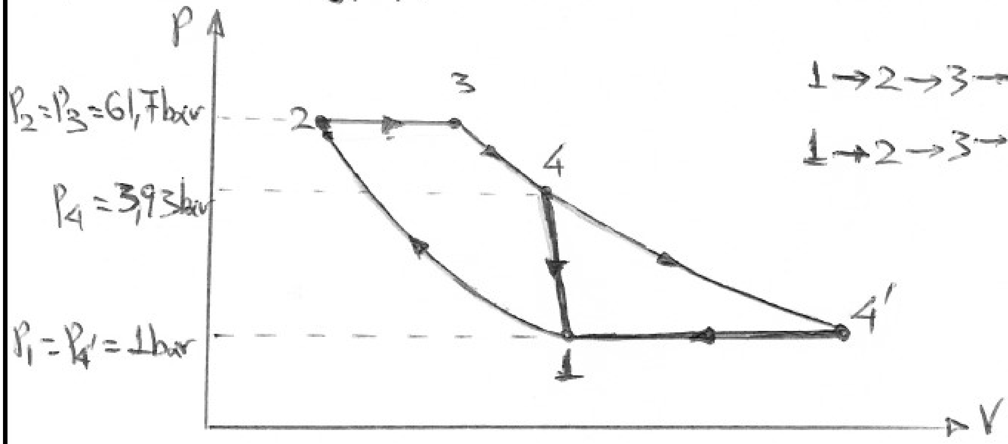
$$\rightarrow \boxed{n = 0{,}612 \text{ ή } 61{,}2\%}$$

Ο βαθμός απόδοσης του κύκλου Joule δίνεται απ' τη σχέση:

$$n' = 1 - \left(\frac{P_{min}}{P_{max}}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 1 - \left(\frac{P_1}{P_3}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 1 - \left(\frac{1}{61{,}7}\right)^{\frac{1{,}4-1}{1{,}4}} =$$

$$= 1 - (0{,}0162)^{0{,}286} = 1 - 0{,}31 \longrightarrow \boxed{n' = 0{,}69 \text{ ή } 69\%}$$

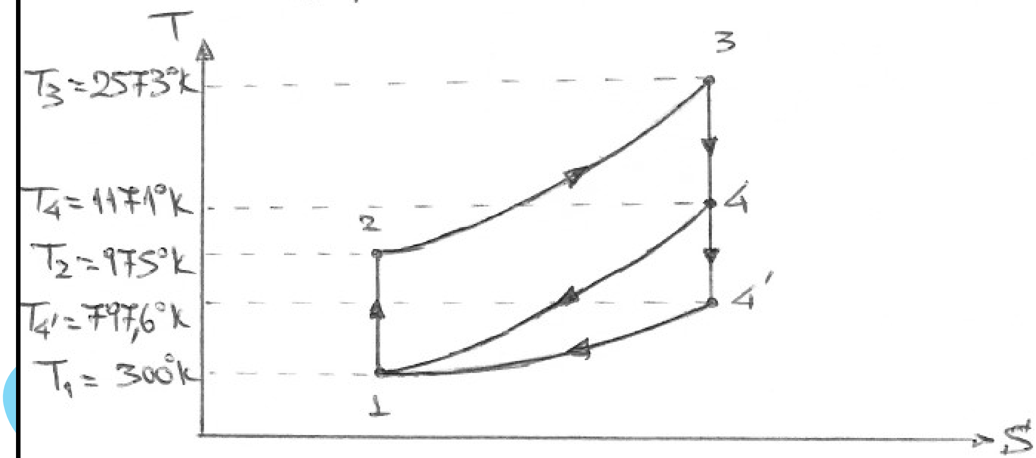
γ/ Κοινό διάγραμμα P-V.



1→2→3→4→1 : Diesel

1→2→3→4'→1 : Joule.

Κοινό διάγραμμα T-S:



Συγγραφή – Επιμέλεια: Παναγιώτης Φ. Μοίρας

ΣΟΛΩΜΟΥ 29 - ΑΘΗΝΑ ☎ 6932 946778
www.pmoiras.weebly.com

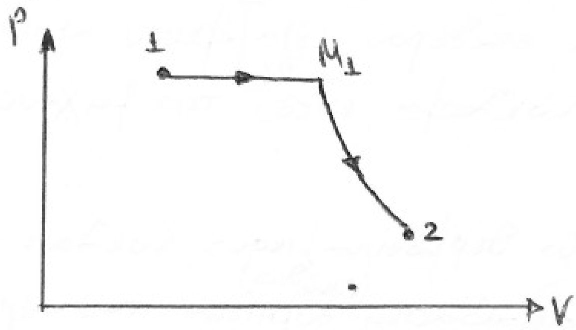
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σε διάγραμμα p-v τοποθετήστε δύο αυθαίρετα σημεία 1 και 2. Στη συνέχεια να σχεδιαστούν οι διάφοροι εναλλακτικοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να μεταβούμε από το σημείο 1 στο σημείο 2 με χρήση μόνο δύο από τις ακόλουθες μεταβολές: αδιαβατική, ισοβαρής και ισόθερμη. Υπόδειξη: υπάρχουν συνολικά 6 εναλλακτικές διαδρομές, οπότε πρέπει σε ευανάγνωστο διάγραμμα να σημειωθούν 6 ενδιάμεσα σημεία με σύμβολα M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 και M_6, στη συνέχεια δε να αναφερθούν οι μεταβολές που τα συνδέουν με τα σημεία 1 και 2 **[1.5]**

2. Με αναφορά σε διάγραμμα p-v επεξηγήστε γιατί είναι απαραίτητη η συμπίεση του εργαζόμενου αερίου πριν την πρόσδοση θερμότητας, για έναν αποδοτικά σχεδιασμένο κύκλο θερμικής μηχανής. Υπόδειξη: σχολιάστε τις διαφορές ανάμεσα σε δύο όμοιους κύκλους με διαφορετική συμπίεση, μετά από γραφική απεικόνισή τους σε κοινό διάγραμμα p-v. **[2.0]**

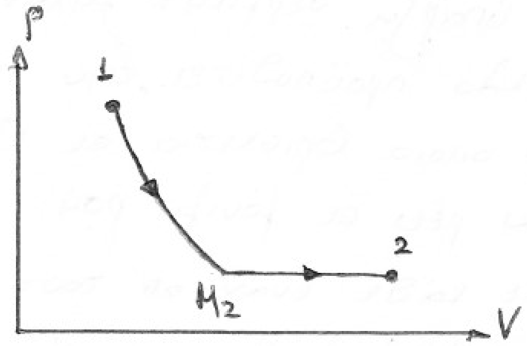
ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

Ερώτηση 1



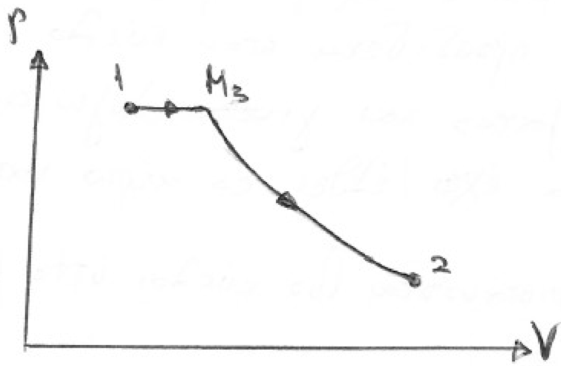
$1 \to M_1$: ισοβαρής εκτόνωση

$M_1 \to 2$: αδιαβατική εκτόνωση



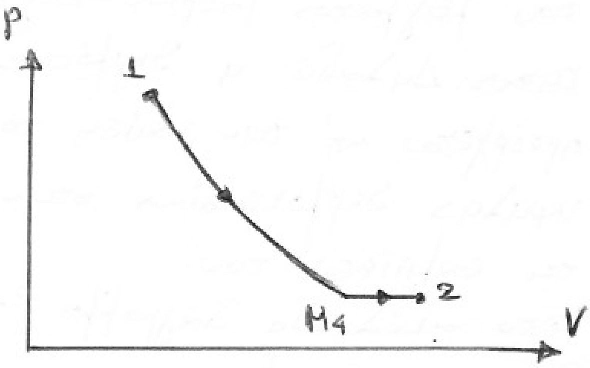
$1 \to M_2$: αδιαβατική εκτόνωση

$M_2 \to 2$: ισοβαρής εκτόνωση.



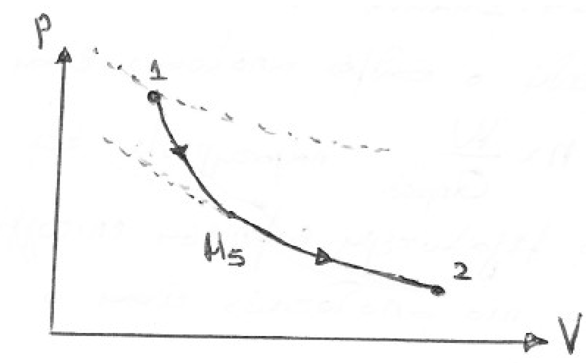
$1 \to M_3$: ισοβαρής εκτόνωση

$M_3 \to 2$: ισόθερμη εκτόνωση

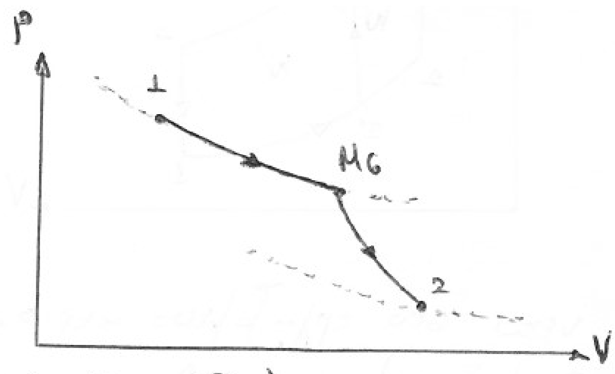


$1 \to M_4$: ισόθερμη εκτόνωση

$M_4 \to 2$: ισοβαρής εκτόνωση



$1 \to M_5$: αδιαβατική εκτόνωση
$M_5 \to 2$: ισόθερμη εκτόνωση.



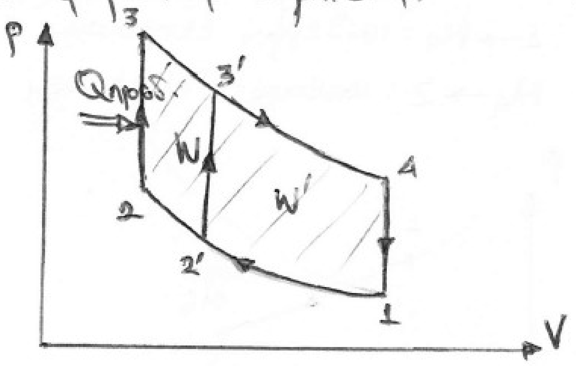
$1 \to M_6$: ισόθερμη εκτόνωση
$M_6 \to 2$: αδιαβατική εκτόνωση.

Ερώτηση 2

Η ύπαρξη θερμικής μηχανής που εκτελεί θερμοδυναμικό κύκλο προϋποθέτει την παρουσία σταθερού εργαζόμενου αερίου, το οποίο βρίσκεται σε κλειστό κύκλωμα εντός της μηχανής και ρέει σε μόνιμη ροή.

Σε κάθε έναν απ' τους γνωστούς θερμοδυναμικούς κύκλους η αρχική διαδικασία είναι η (αδιαβατική συνήθως) συμπίεση του αερίου με απώτερο σκοπό τη θέρμανση του, έτσι ώστε στη συνέχεια με την επόμενη θερμοδυναμική μεταβολή να γίνει καύση του μείγματος (αερίου - βενζίνης) και να έχουμε πρόσδοση θερμότητας. Δηλαδή η θερμότητα που προσδίδεται στον κύκλο προέρχεται απ' την καύση του μείγματος και γίνεται λόγω της υψηλής θερμοκρασίας στην οποία έχει έλθει το αέριο κατά τη συμπίεσή του.

Στο ακόλουθο διάγραμμα p-V παριστάνονται δυο κύκλοι Otto με διαφορετική συμπίεση.



Το έργο του κάθε κύκλου ισούται με το εμβαδόν των χωρίων 1234 και 12'3'4. Δηλαδή $W > W'$.

Επειδή ο βαθμός απόδοσης είναι:

$$\eta = \frac{W}{Q_{προσδ.}}$$

παρατηρούμε ότι όσο μεγαλύτερη συμπίεση επιτυγχάνεται στο εργαζόμενο αέριο, τόσο πιο αποδοτικός είναι ο θερμοδυναμικός κύκλος της μηχανής.

ΑΣΚΗΣΗ 1

Θεωρητικός κύκλος απαρτίζεται από τις παρακάτω μεταβολές:

-αδιαβατική συμπίεση με λόγο συμπίεσης 11, αρχόμενη από το σημείο 1 με θερμοκρασία 18 °C και πίεση 1 bar,

-ισόχωρη θέρμανση μέχρι θερμοκρασία 4300 °C,

-αδιαβατική εκτόνωση μέχρι την αρχική πίεση του σημείου 1, και

-ισοβαρή ψύξη μέχρι το αρχικό σημείο 1.

Ζητούνται:

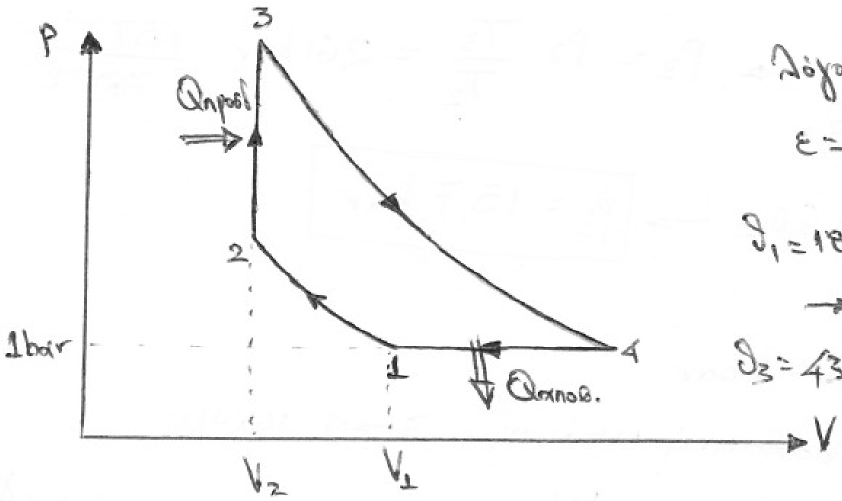
α) να σχεδιαστεί ο κύκλος σε διάγραμμα p-v, με αναλυτική απεικόνιση των γνωστών καταστατικών μεγεθών **[1.0]**

β) να υπολογισθούν οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις όλων των σημείων του κύκλου **[2.5]**

γ) να υπολογιστεί ο βαθμός απόδοσης του κύκλου **[1.5]**

ΛΥΣΗ

α/



Λόγος συμπίεσης:

$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = 11.$

$\vartheta_1 = 18°C \rightarrow T_1 = 273+18 \rightarrow$

$\rightarrow T_1 = 291°K.$

$\vartheta_3 = 4300°C \rightarrow T_3 = 4573°K$

Ο κύκλος αυτός λέγεται κύκλος του Atkinson και εφαρμόζεται στους κινητήρες των υβριδικών αυτοκινήτων.

β/ Σημείο 1: $p_1 = 1\,bar$, $T_1 = 291°K$.

Σημείο 2: Λόγω της αδιαβατικής συμπίεσης 1→2 ισχύει:

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\gamma} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/\gamma-1} \rightarrow \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/\gamma-1} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\gamma} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}} \rightarrow T_2 = T_1\,\varepsilon^{\gamma-1} \xrightarrow{\gamma=1,4} T_2 = 291°K \cdot 11^{1,4-1} =$$

$$= 291°K \cdot 11^{0,4} = 291°K \cdot 2,61 \rightarrow \boxed{T_2 \simeq 760°K}$$

και $\frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{\varepsilon^{\gamma}} \rightarrow p_2 = p_1\,\varepsilon^{\gamma} = 1\,bar \cdot 11^{0,4} = 1\,bar \cdot 2,61 \rightarrow$

$$\rightarrow \boxed{p_2 = 2,61\,bar}$$

Σημείο 3: $T_3 = 4573°K$.

Κατά την ισόχωρη θέρμανση 2→3 ισχύει:

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3} \rightarrow p_3 = p_2\,\frac{T_3}{T_2} = 2,61\,bar \cdot \frac{4573°K}{760°K} =$$

$$= 2,61\,bar \cdot 6,02 \rightarrow \boxed{p_3 = 15,7\,bar}$$

Σημείο 4: $p_4 = 1\,bar$

Κατά την αδιαβατική εκτόνωση 3→4 ισχύει:

$$\frac{p_3}{p_4} = \left(\frac{T_3}{T_4}\right)^{\gamma/\gamma-1} \rightarrow \left(\frac{p_3}{p_4}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \frac{T_3}{T_4} \rightarrow T_4 = T_3\left(\frac{p_4}{p_3}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} =$$

$$= 4573°K \left(\frac{1\,\cancel{bar}}{15{,}7\,\cancel{bar}}\right)^{\frac{1{,}4-1}{1{,}4}} = 4573°K\,\frac{1}{15{,}7^{0{,}29}} = \frac{4573}{2{,}22}°K \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{T_4 = 2060°K}$$

γ/ Ο βαθμός απόδοσης του κύκλου δίνεται απ' τη σχέση:

$$n = \frac{W}{Q_{προσ.}} \rightarrow n = 1 - \frac{Q_{αποβ.}}{Q_{προσ.}} \quad (1)$$

όπου $Q_{προσδ} = Q_{23} = n\,C_v\,\Delta T = n\,C_v(T_3 - T_2)$

με $C_v = \dfrac{R}{\gamma-1} = \dfrac{287\,J/kgK}{1{,}4-1} \rightarrow C_v = 717{,}5\,J/kgK.$ →

$$\rightarrow Q_{προσδ.} = n\,717{,}5\,(4573 - 760) = 2735827{,}5\,n \quad (2)$$

και $Q_{αποβ.} = Q_{41} = nC_p \Delta T = n C_p (T_1 - T_4)$

με $\gamma = \frac{C_p}{C_v} \to C_p = \gamma C_v = 1{,}4 \cdot 717{,}5 \to C_p = 1004{,}5 \ J/kg\,K$

$\to Q_{αποβ.} = n \, 1004{,}5 \cdot (291 - 2060) = -1776960{,}5\, n$ (3)

(το αρνητικό πρόσημο μας επιβεβαιώνει ότι αποβάλλεται η θερμότητα αυτή).

Άρα: (1) $\overset{(2),(3)}{\sim}$ $n = 1 - \frac{1776960{,}5 \cancel{n}}{2735827{,}5 \cancel{n}} = 1 - 0{,}65 \to$

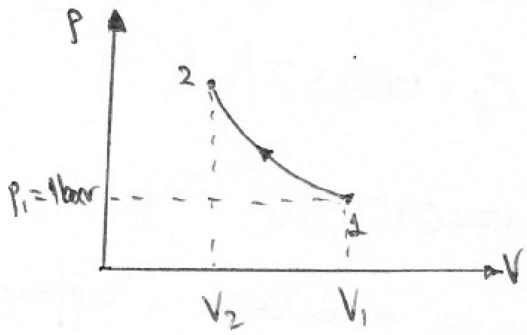
$\to \boxed{n = 0{,}35 \text{ ή } 35\%}$

ΑΣΚΗΣΗ 2

Θεωρώντας αδιαβατική συμπίεση, υπολογίστε το λόγο συμπίεσης ενός συμπιεστή όπου εισέρχεται ατμοσφαιρικός αέρας θερμοκρασίας 18 °C και πίεσης 1 bar [redacted], ώστε η θερμοκρασία του εξερχόμενου αέρα να είναι 260 °C. Σε πραγματικό συμπιεστή αναμένεται η ίδια θερμοκρασία εξόδου και αν όχι γιατί; **[2.0]**

Παραδοχές για αμφότερες τις ασκήσεις: τέλειο αέριο, με ειδική σταθερά 287 J/kgK και συντελεστή αδιαβατικής μεταβολής 1.4

ΛΥΣΗ



$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = ?$$

$\vartheta_1 = 18^\circ C \rightsquigarrow T_1 = 273 + 18 \rightarrow T_1 = 291^\circ K$

$\vartheta_2 = 260^\circ C \rightsquigarrow T_2 = 273 + 260 \rightarrow T_2 = 533^\circ K$

Για την αδιαβατική μεταβολή ισχύει:

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/\gamma-1} \rightarrow \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\gamma} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/\gamma-1} \rightarrow \frac{1}{\varepsilon} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{1/\gamma-1} \rightarrow$$

$$\rightarrow \varepsilon = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{1/\gamma-1} = \left(\frac{533^\circ K}{291^\circ K}\right)^{1/1,4-1} = 1,83^{2,5} \rightarrow \boxed{\varepsilon = 4,54}$$

Σε πραγματικό συμπιεστή αναμένουμε η θερμοκρασία εξόδου να είναι αρκετά υψηλότερη και κατά συνέπεια ο λόγος συμπίεσης μεγαλύτερος έτσι ώστε να γίνεται πληρέστερη καύση του καύσιμου μίγματος και η ενεργειακή απόδοση του κινητήρα να είναι μεγαλύτερη.