

ΨΥΞΗ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Ερωτήσεις Θεωρίας – Λυμένες Ασκήσεις
Απαντήσεις στις Ερωτήσεις του Σχολικού Βιβλίου

Νικόλαος Χονδράκης (Εκπαιδευτικός)

.....
Νικόλαος Γ. Χονδράκης (*chonniko@gmail.com*)

Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός

Copyright © Νικόλαος Γ. Χονδράκης, 2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

ΨΥΞΗ - ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Ερωτήσεις Θεωρίας – Λυμένες Ασκήσεις

Απαντήσεις στις Ερωτήσεις του Σχολικού Βιβλίου

**Για τους μαθητές των ΕΠΑΛ και τους υποψήφιους που εξετάζονται
στο μάθημα: Στοιχεία Ψύξης - Κλιματισμού**

Νικόλαος Χονδράκης (chonniko@gmail.com) (nchondraki@sch.gr)

Πρόλογος

Στις επόμενες σελίδες, για κάθε κεφάλαιο από την εξεταστέα ύλη του μαθήματος **Στοιχεία Ψύξης και Κλιματισμού**, δίνονται ερωτήματα και ασκήσεις που θα σας βοηθήσουν στο να ελέγξετε τις γνώσεις σας, αλλά και να κατανοήσετε καλύτερα τις έννοιες του μαθήματος. Τα κεφάλαια στα οποία αναφέρονται τα θέματα είναι εκείνα που βρίσκονται στην διδακτέα και εξεταστέα ύλη στην αρχή του σχολικού έτους 2020 – 2021. Για κάθε κεφάλαιο έχουμε χωρίσει σε δύο τμήματα τις αναφορές μας.

Το πρώτο τμήμα περιέχει ερωτήσεις θεωρίας, ερωτήσεις σωστού – λάθους, ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και πρωτότυπες ασκήσεις. Για τις ερωτήσεις από τη θεωρία υπάρχει στο τέλος κάθε ερώτησης η σελίδα που θα βρείτε στο σχολικό βιβλίο την απάντηση. Για τις ερωτήσεις σωστού – λάθους πρέπει εσείς να βρείτε τις σωστές απαντήσεις. Στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής υπάρχουν στο τέλος οι σωστές διασταυρώσεις. Τέλος στις προτεινόμενες ασκήσεις δίνονται σε άλλες πλήρεις απαντήσεις και σε άλλες μόνον μια μικρή υπόδειξη, ή και τίποτα από αυτά. Όσον αφορά στις ερωτήσεις θεωρίας, δεν πρέπει να επαναπαυθείτε σε αυτές και να νομίσετε ότι γνωρίζοντας τις απαντήσεις έχετε εξασφαλίσει και το άριστα στις εξετάσεις σας. Ακόμα και τις διπλάσιες ερωτήσεις αν προσθέταμε, πάλι θα υπάρχουν και άλλες διαφορετικές. Γι αυτό τη θεωρία θα πρέπει να τη διαβάσετε πλήρως από το σχολικό βιβλίο.

Στο δεύτερο τμήμα κάθε κεφαλαίου θα βρείτε με τις απαντήσεις τους, όλες τις Ερωτήσεις – Δραστηριότητες που έχει το σχολικό βιβλίο στο τέλος του αντίστοιχου κεφαλαίου.

Μπορεί να μην έχουμε τμήμα θεωρίας σε αυτό το βοηθητικό βιβλίο του μαθητή, όμως πολλές ασκήσεις και ερωτήματα αναλύονται όσο χρειάζεται, ώστε να γίνουν κατανοητές ορισμένες δύσκολες έννοιες. Πολλές ασκήσεις λύνονται τόσο αναλυτικά που γίνεται αντιληπτή η θεωρία στην οποία στηρίζεται η λύση τους.

Στο τμήμα των Ερωτήσεων – Δραστηριοτήτων του βιβλίου έχουμε προσέξει ότι τα θέματα δεν απλώνονται σε όλη την έκταση της ύλης που υπάρχει στη θεωρία. Συνηθίζετε στις πανελλαδικές εξετάσεις άλλων μαθημάτων, να μην δίνονται θέματα ασκήσεων (ερωτήσεις κατανόησης ονομάζονται) που να μην έχουν σχέση με αντίστοιχα θέματα που προτείνονται από τους συγγραφείς του σχολικού βιβλίου. Όμως αυτό δεν ισχύει σε τούτο το μάθημα. Πολύ συχνά (μάλλον πάντοτε) τα τελευταία χρόνια έχουμε θέματα από ασκήσεις, που το σχολικό βιβλίο δεν έχει παρόμοιες λυμένες. Όμως, η θεωρία στην οποία στηρίζονται, βέβαια, υπάρχει στο βιβλίο. Γι αυτό, ο κάθε υποψήφιος που θέλει να είναι σίγουρος για την επιτυχία στις εξετάσεις πρέπει να είναι πλήρως προετοιμασμένος.

Η ύλη που παρουσιάζεται εδώ, φυσικά, ακολουθεί την ύλη του βιβλίου και της εξεταστέας στις πανελλαδικές εξετάσεις. Αυτή επεκτείνεται σε τρεις ενότητες:

- Αρχικά υπάρχει η ενότητα με στοιχεία θερμοδυναμικής. Δίνονται οι ορισμοί και οι μονάδες βασικών θερμοδυναμικών μεγεθών. Ακολούθως υπάρχουν οι νόμοι των τελείων αερίων και των μεταβολών τους. Τέλος αναφέρονται οι μετατροπές φάσεων, με τα κεφάλαια να επικεντρώνονται στα ρευστά.
- Μετά από την κατανόηση των βασικών αρχών για την ψύξη και τον κλιματισμό, εξετάζεται ο ψυκτικός κύκλος, οι συναλλαγές θερμότητας που συμβαίνουν σε αυτόν και κάποιες συσκευές και μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στην επίτευξη της ψύξης. Δεν έχουμε επιμείνει σε λεπτομέρειες αφού όποιος θέλει θα βρει πολύ αναλυτικά την ερμηνεία του ψυκτικού κύκλου και ασκήσεις σε προηγούμενο βιβλίο μας στη διεύθυνση: <http://photodentro.edu.gr/uqc/r/8525/396?locale=el>
- Το τελευταίο τμήμα αναφέρεται στον κλιματισμό, και συγκεκριμένα στις συνθήκες του αέρα που είναι επιθυμητές από τους ανθρώπους σε ένα κλιματιζόμενο χώρο και στην ψυχομετρία. Η εξεταστέα ύλη δεν επεκτείνεται σε θέματα υπολογισμού φορτίων.

Με χαρά θα δεχθώ παρατηρήσεις, ερωτήσεις αλλά και διορθώσεις, πάνω στα θέματα που διαπραγματεύεται το παρόν βοήθημα. Οι διευθύνσεις ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που μπορείτε να απευθυνθείτε είναι: chonniko@gmail.com , nchondraki@sch.gr

Αθήνα, Ιανουάριος 2021

Περιεχόμενα

	Πρόλογος	5
	Περιεχόμενα	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.	ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ - ΕΡΓΟ	
2.1.	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	7
2.2.	Ερωτήσεις - Δραστηριότητες (σχολικού βιβλίου)	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.	ΤΕΛΕΙΟ ΑΕΡΙΟ	
3.1.	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	27
3.2.	Ερωτήσεις - Δραστηριότητες (σχολικού βιβλίου)	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.	ΑΤΜΟΙ	
4.1.	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	47
4.2.	Ερωτήσεις - Δραστηριότητες (σχολικού βιβλίου)	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.	ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ	
5.1.	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	60
5.2.	Ερωτήσεις - Δραστηριότητες (σχολικού βιβλίου)	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.	ΨΥΞΗ ΚΑΙ ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ	
6.1.	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	68
6.2.	Ερωτήσεις - Δραστηριότητες (σχολικού βιβλίου)	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΕΣΗΣ	
9.1.	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	85
9.2.	Ερωτήσεις - Δραστηριότητες (σχολικού βιβλίου)	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10.	ΨΥΧΡΟΜΕΤΡΙΑ	
10.1.	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	93
10.2.	Ερωτήσεις - Δραστηριότητες (σχολικού βιβλίου)	104

Κεφάλαιο 2**2.1. Ερωτήσεις - Ασκήσεις**

1. Τι ονομάζεται θερμοκρασία; 38
2. Ποια ιδιότητα των σωμάτων εκμεταλλευόμαστε για την κατασκευή των θερμομέτρων που αγοράζουμε από τα φαρμακεία; 39
3. Γιατί χρησιμοποιούνται κυρίως υγρά στην κατασκευή των θερμομέτρων; 39
4. Ποια είναι τα μειονεκτήματα των θερμομέτρων με υγρό; 39
5. Να αναφέρετε τρία φαινόμενα της φυσικής που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή θερμομέτρων; (διαστολή, ηλεκτρική αντίσταση και θερμοηλεκτρικό φαινόμενο) 39
6. Ποιες χαρακτηριστικές θερμοκρασίες καθορίζουν την κλίμακα θερμοκρασιών Κελσίου; 40
7. Να αναφέρετε δυο χαρακτηριστικές θερμοκρασίες της κλίμακας θερμοκρασιών Φαρενάιτ για τις οποίες να γνωρίζετε τις αντίστοιχες της κλίμακας Κελσίου, τις οποίες και να αναγράψετε. 40
8. Να αναφέρετε τι συμβαίνει με την κινητική κατάσταση των μορίων στη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός. Σε ποια θερμοκρασία της κλίμακας Κελσίου αντιστοιχεί το απόλυτο μηδέν; 42
9. Ποια είναι η κλίμακα και ποια η μονάδα μέτρησης των θερμοκρασιών στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων; 42
10. Με ποιο τρόπο διακρίνουμε την κατανάλωση από τη λήψη του έργου; 45
11. Πότε λέμε ότι ένα σώμα έχει ενέργεια; 45
12. Να διατυπώσετε την αρχή διατήρησης της ενέργειας. 45
13. Τι είναι η ισχύς; 46
14. Να αντιστοιχίσετε τα μεγέθη με τις μονάδες που τους ταιριάζουν καλύτερα:

θερμοκρασία	1	α	Watt
ισχύς	2	β	PS
ενέργεια	3	γ	Joule
ισχύς	4	δ	kcal
θερμότητα	5	ε	J/s
έργο	6	ζ	°C
ισχύς	7	η	Joule

Απάντηση:

1-ζ, 2-α (ή β ή ε), 3-γ (ή η), 4-α (ή β ή ε), 5-δ, 6-γ (ή η) και 7-α (ή β ή ε).

15. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους (εδώ για να απαντήσετε πρέπει να δώσετε προσοχή στους όρους):
 1. Ένα σώμα έχει μεγάλη θερμότητα.
 2. Το σώμα A δίνει θερμοκρασία στο σώμα B.
 3. Το σώμα A παίρνει θερμότητα από το σώμα B.
 4. Η θερμότητα του δωματίου είναι 30 °C.
 5. Μια ποσότητα θερμότητας μετακομίζει από το χέρι μου στο τραπέζι και γι αυτό κρυώνω.

Σημείωση: Για να καταλάβετε τη διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία και τη θερμότητα θα δώσουμε ένα παράδειγμα: Το σώμα του καλοριφέρ δίνει αρκετή θερμότητα (το μεγάλο θα ήταν μάλλον λανθασμένο). Είναι λάθος να πείτε ότι δίνει μεγάλη θερμοκρασία. Το σωστό είναι να πούμε ότι το σώμα του καλοριφέρ έχει μεγάλη θερμοκρασία. Η πρόταση: τρώγω πολύ φαγητό και έγινα χοντρός, είναι αντίστοιχη με: το καλοριφέρ δίνει θερμότητα και ανεβαίνει η θερμοκρασία στο δωμάτιο. Το αποτέλεσμα της (πρόσδοσης ή αφαίρεσης)

θερμότητας είναι η θερμοκρασία, όπως το αποτέλεσμα του φαγητού είναι το πάχος. Η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας και μεταδίδεται ενώ η θερμοκρασία είναι το αποτέλεσμα που φέρνει η δράση της θερμότητας (και δεν μεταδίδεται). Και η τροφή είναι μια μορφή ενέργειας που όταν την καταναλώνει ένας οργανισμός (σε υπερβολικό βαθμό) έχει ως αποτέλεσμα το πάχος. Έτσι καταλαβαίνουμε ότι όπως, άλλο το φαγητό και άλλο το πάχος, αντίστοιχα, άλλη η θερμότητα και άλλη η θερμοκρασία.

16. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους (και εδώ για να απαντήσετε πρέπει να δώσετε προσοχή στους όρους):

1. Αυτό το μηχάνημα εργάζεται σε μεγάλη ισχύ.
2. Η ενέργεια αυτού του μηχανήματος είναι μεγάλη.
3. Η ενέργεια που δίνει αυτό το μηχάνημα σε πέντε λεπτά είναι μεγάλη.
4. Η ισχύς που δίνει αυτό το μηχάνημα σε πέντε λεπτά είναι μεγάλη.
5. Μέχρι να χαλάσει αυτό το μηχάνημα θα έχει δώσει τεράστια ισχύ.
6. Μέχρι να χαλάσει αυτό το μηχάνημα θα έχει δώσει τεράστια ενέργεια.

Σημείωση: Η ισχύς είναι ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει ένα μηχάνημα. Συγκεκριμένα, δείχνει πόση ενέργεια δίνει το μηχάνημα σε κάποιο χρόνο. Αν η ισχύς είναι μεγάλη, σημαίνει ότι το μηχάνημα θα μας κάνει τη δουλειά πιο γρήγορα. Και ένα άλλο μηχάνημα με μικρότερη ισχύ θα μας κάνει την ίδια με πριν δουλειά, αλλά θα την κάνει σε περισσότερο χρόνο. Ένα μηχάνημα ή εργαλείο που δουλεύει σταθερά, έχει την ίδια ισχύ συνέχεια. Όμως όσο περνά ο χρόνος δίνει και περισσότερη ενέργεια. Δηλαδή ενώ η ισχύς μένει σταθερή η ενέργεια αυξάνεται.

17. Δυο σώματα έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες και τα φέρνουμε σε επαφή. Πότε λέμε ότι επέρχεται θερμική ισορροπία και πως επιτυγχάνεται αυτό; 47

18. Τι ονομάζεται αισθητή θερμότητα; 48

19. Τι δηλώνει ο όρος λανθάνουσα θερμότητα; 48

20. Τι εννοούμε στην Ψύξη με τον όρο «Ψυκτική Ισχύς»; 49

21. Τι ονομάζεται ψυκτική ισχύς μιας εγκατάστασης; 124

22. Πως καταλαβαίνουμε ότι έχουμε μετάδοση θερμότητας με αγωγή; 50

23. Από ποιούς παράγοντες εξαρτάται η μετάδοση θερμότητας με αγωγή; 51

24. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:

1. Όσο μεγαλύτερο το πάχος ενός τοίχου, τόσο μικρότερη η παροχή θερμότητας από αυτόν.
2. Όσο μεγαλύτερη η επιφάνεια ενός τοίχου, τόσο μικρότερη η παροχή θερμότητας από αυτόν.
3. Όσο μεγαλύτερη η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο σωμάτων, τόσο μικρότερη η παροχή θερμότητας από το ένα στο άλλο.
4. Όσο μεγαλύτερη η τιμή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας ενός υλικού, τόσο μικρότερη η παροχή θερμότητας από αυτό.

25. Γιατί στον εξατμιστή και στον συμπυκνωτή μιας ψυκτικής εγκατάστασης επιθυμούμε να έχουμε μεγάλο μήκος σωληνώσεων και συχνά προσθέτουμε και πτερύγια; 52

26. Να γράψετε τον μαθηματικό τύπο για την μετάδοση θερμότητας με αγωγή και να εξηγήσετε κάθε όρο σε αυτόν. 51, 52

27. Πως εννοείται η μετάδοση θερμότητας με μεταφορά; 52, 53

Σημείωση: Πρέπει να μη γίνεται σύγχυση ανάμεσα στις έννοιες: μετάδοση της θερμότητας με ΜΕΤΑΦΟΡΑ, και την λέξη μεταφορά όταν την χρησιμοποιούμε αντί για τη λέξη διάδοση ή μετάδοση της θερμότητας. Δηλαδή μερικές φορές λέμε: η μεταφορά

της θερμότητας στο σώμα γίνεται με αγωγή. Εννοούμε ότι η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με αγωγή και όχι με μεταφορά, και ως χρησιμοποιούμε αυτή τη λέξη.

28. Πότε λέμε ότι έχουμε εξαναγκασμένη κυκλοφορία ενός ρευστού και πότε φυσική κυκλοφορία; 53
29. Εξηγήστε γιατί ο εξατμιστής σε ένα ψυγείο πρέπει να τοποθετείται σε υψηλό σημείο. 54
30. Ποια είναι η βασική διαφορά στη μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία και στους άλλους δύο τρόπους μετάδοσης που υπάρχουν; 55
31. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:
1. Όταν έχουμε μετάδοση θερμότητας με μεταφορά έχουμε μετακίνηση μάζας.
 2. Τα θερμαντικά σώματα καθώς και τα ψυκτικά στοιχεία είναι καλύτερα να τοποθετούνται σε ένα υψηλό σημείο του χώρου που κλιματίζουν.
 3. Τα αέρια για να μεταδώσουν τη θερμότητα που έχουν πρέπει να υπάρχει οπωσδήποτε ένας ανεμιστήρας, διότι από μόνα τους είναι ακίνητα.
 4. Στη μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία από ένα σώμα σε άλλο, δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει κάποια ουσία ανάμεσα στα δύο σώματα.
32. Από ποια μεγέθη και με ποιο τρόπο εξαρτάται η πίεση μεταξύ δύο σωμάτων. 56
33. Γιατί όταν σπρώχνουμε μια πινέζα σε ένα ξύλο, αυτή καρφώνεται σε αυτό, ενώ αν με την ίδια δύναμη σπρώχνουμε το δάχτυλό μας, αυτό δεν προχωρά μέσα στο ξύλο. 56
34. Από ποια μαθηματική σχέση δίνεται η πίεση; Να εξηγήσετε τα σύμβολα σε αυτήν και να πείτε τη μονάδα της πίεσης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI). 56, 57
35. Γιατί στις συνήθεις εφαρμογές χρησιμοποιείται ως μονάδα της πίεσης το bar και όχι το Pa; 57
36. Από που προέρχονται οι πιέσεις που ασκούνται στα διάφορα σημεία ενός υγρού; 58
37. Τι ονομάζουμε ατμοσφαιρική πίεση και πως μεταβάλλεται; 58
38. Ποια διαφορά έχουν τα απλά μανόμετρα από τα μανόμετρα-κενόμετρα; 59
39. Γιατί διαφέρει αριθμητικά η απόλυτη από τη μανομετρική πίεση; 60
40. Να αντιστοιχίσετε τις παρακάτω προτάσεις:

Μανομετρική πίεση 4 bar	1	α	Βαρόμετρο
Απόλυτο κενό	2	β	Η επιφάνεια είναι μικρή
Μέτρηση ατμοσφαιρικής πίεσης	3	γ	Απόλυτη πίεση 5 bar
Η πίεση είναι μεγάλη	4	δ	Απόλυτη πίεση περίπου 1 bar
Η πίεση είναι μικρή	5	ε	Έχει αφαιρεθεί όλος ο αέρας
Ατμοσφαιρική πίεση	6	ζ	Η δύναμη είναι μικρή

Απάντηση:

1-γ, 2-ε, 3-α, 4-β, 5-ζ, 6-δ.

41. Με ποια μεγέθη γίνονται τα ενεργειακά «πάρε - δώσε» των συστημάτων; 64
42. Τι ονομάζουμε ανοικτό και τι κλειστό σύστημα στη θερμοδυναμική; 64
43. Ποιο μέγεθος εκφράζει την αποθηκευμένη ενέργεια σε ένα αέριο; 65
44. Γιατί η εσωτερική ενέργεια είναι καταστατικό μέγεθος; 65
45. Τι σημαίνει μηχανικό ισοδύναμο της θερμίδας; 66
46. Να διατυπώσετε το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα για ένα αέριο που θερμαίνεται. Τύπος. 67
47. Έχουμε ένα κύλινδρο με ένα αέριο μέσα και τον θερμαίνουμε. Αν θεωρήσετε ότι ο όγκος του δεν αλλάζει, τότε πως διατυπώνεται το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα και γιατί; 67

48. Έχουμε ένα κύλινδρο με ένα αέριο μέσα που έχει μεγάλη πίεση. Να θεωρήσετε ότι αφήνουμε ελεύθερο το έμβολο το οποίο μετακινείται αυξάνοντας τον όγκο του κύλινδρο. Πως διατυπώνεται σε αυτή την περίπτωση το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα και γιατί; 67
49. Πως διατυπώνεται το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα για τις θερμικές μηχανές; 68
50. Πως ορίζεται ο βαθμός απόδοσης μιας θερμικής μηχανής; 69
51. Πως διατυπώνεται το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα για τις ψυκτικές μηχανές; 70
52. Να διατυπώσετε τον μαθηματικό τύπο που δίνει τον ενεργειακό ισολογισμό σε μια ψυκτική μηχανή, αναφέροντας τι παριστάνει κάθε μέγεθος σε αυτόν. 70
53. Να δώσετε τον μαθηματικό τύπο από τον οποίο εκφράζεται η ενθαλπία και να αναφέρεται τι παριστάνει κάθε μέγεθος σε αυτόν. 71
54. Τι ονομάζεται ειδική ενθαλπία και τι μονάδες έχει στο SI. 71

Σημείωση: Η ενθαλπία είναι έννοια ενέργειας και έχει φυσικά μονάδες ενέργειας, δηλαδή το Joule και τις άλλες μονάδες. Όταν όμως λέμε την λέξη «ειδική» πριν από ένα μέγεθος, εννοούμε τις κανονικές μονάδες αυτού του μεγέθους αλλά όταν αναφέρονται σε ένα χιλιόγραμμο από αυτό. Γι αυτό η ειδική ενθαλπία έχει μονάδες ενέργειας ανά ένα κιλό (kg) μάζας: Joule/kg. Να δώσουμε άλλο ένα παράδειγμα, με τον όγκο. Ο όγκος έχει μονάδες (ας πούμε μια από αυτές) τα λίτρα. Ο ειδικός όγκος όμως είναι ένα λίγο διαφορετικό μέγεθος με μονάδες τα λίτρα ανά κιλό. Δηλαδή ο ειδικός όγκος ενός αερίου μας δείχνει πόσο όγκο έχει ένα χιλιόγραμμο του αερίου. Η ειδική θερμότητα δείχνει πόση θερμότητα έχει ένα kg από την ουσία που αναφερόμαστε.

55. Να αντιστοιχίσετε τα μεγέθη με τις μονάδες τους:

εντροπία	1	α	Joule
ενθαλπία	2	β	Joule/kg
ειδική ενθαλπία	3	γ	Joule/K

Απάντηση:

1-γ, 2-α και 3β.

56. Να αντιστοιχίσετε τις έννοιες με τους τύπους:

βαθμός απόδοσης	1	α	$H=U+PV$
ενθαλπία	2	β	$Q_2+W=Q_1$
μηχανικό ισοδύναμο της θερμίδας	3	γ	$Q=\Delta U+W$
Πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα	4	δ	$Q_1=W+Q_2$
Δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα για θερμική μηχανή	5	ε	$\eta=W/Q_1$
Δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα για ψυκτική μηχανή	6	ζ	$1\text{cal}=4,186\text{Joule}$

Απάντηση:

1ε, 2-α, 3ζ, 4-γ, 5-δ και 6-β.

57. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:

1. Η ενθαλπία είναι καταστατικό μέγεθος.
2. Την ενεργειακή ποιότητα ενός συστήματος τη δείχνει η εντροπία.
3. Για να μεταφερθεί η θερμότητα από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρό, χρειάζεται οπωσδήποτε η κατανάλωση μηχανικού έργου.
4. Ο βαθμός απόδοσης είναι αριθμός μεγαλύτερος από τη μονάδα.
5. Το μέγεθος που εκφράζει την αποθηκευμένη ενέργεια σε ένα αέριο, είναι η εσωτερική ενέργεια.

58. Ένας κλειστός κύλινδρος από χαλκό έχει μήκος 2 μέτρα και πάχος τοιχώματος 2 mm. Θεωρούμε ότι έχει μέση διάμετρο $D = 200$ mm (μην ασχοληθείτε με λεπτομερείς υπολογισμούς, που έχουν σχέση με το πάχος του). Ο αέρας που περιέχει ο κύλινδρος έχει

Θερμοκρασία 60 °C και το εξωτερικό του περιβάλλον 30 °C. Να βρείτε με τι ρυθμό (Q/t) ψύχεται ο κύλινδρος. Η ειδική θερμική αγωγιμότητα του χαλκού είναι $k=348 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

Απάντηση:

Η μετάδοση της θερμότητας από τη μάζα του κυλίνδρου στον εξωτερικό αέρα γίνεται με αγωγή και θα ισχύει για τη μεταφορά (διάδοση) της ζητούμενης θερμότητας η σχέση:

$$\frac{Q}{t} = A \times \frac{k}{\delta} \times (T_1 - T_2).$$

Το ζητούμενο είναι ο λόγος Q/t που παριστάνει τη μετάδοση της θερμότητας στη μονάδα του χρόνου. Άρα είναι μέγεθος που δείχνει ισχύ. Επειδή η ειδική θερμική αγωγιμότητα του χαλκού δίνεται σε μονάδες $\text{W/m}\cdot\text{K}$, που είναι στο Διεθνές Σύστημα, θα πρέπει να εργαστούμε στον προηγούμενο τύπο σε αυτό το σύστημα μονάδων.

Να σημειώσουμε εδώ ότι ο συντελεστής k συνήθως ονομάζεται συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (και όχι ειδικής).

Ως A συμβολίζεται η συνολική επιφάνεια του κυλίνδρου, την οποία και πρέπει να υπολογίσουμε. Η επιφάνεια αυτή αποτελείται από τις δύο βάσεις (A_B) του κυλίνδρου συν την παράπλευρη επιφάνεια (A_{π}). Κάθε βάση έχει εμβαδόν:

$$A_B = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \Rightarrow A_B = \pi \cdot \frac{0,2^2 \text{ m}^2}{4} \Rightarrow A_B = \pi \cdot 0,01 \text{ m}^2 \Rightarrow A_B = 0,0314 \text{ m}^2$$

Άρα οι δυο βάσεις έχουν εμβαδόν: $A_B=0,0314 \times 2=0,0628 \text{ m}^2$.

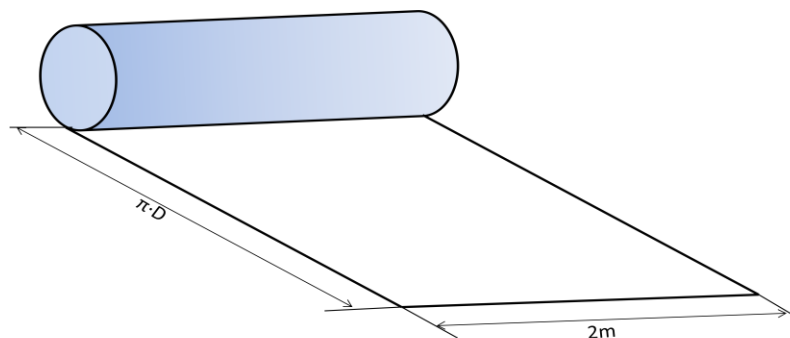
Να δούμε τώρα και το εμβαδόν της παράπλευρης επιφάνειας A_{π} . Αυτό θα είναι ίσο με το γινόμενο του μήκους του κυλίνδρου (2 μέτρα) επί την περιφέρεια της μιας βάσης. Η περιφέρεια αυτή έχει μήκος που δίνεται από τον τύπο: $\Pi=\pi \cdot D=3,14 \cdot 0,2 \text{ m}=0,628 \text{ m}$. Τώρα θα υπολογίσουμε το εμβαδόν της παράπλευρης επιφάνειας:

$$A_{\pi}=\Pi \cdot 2=0,628 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}=1,256 \text{ m}^2.$$

Άρα η συνολική επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας είναι: $A= A_B + A_{\pi} =0,0628 \text{ m}^2 + 1,256 \text{ m}^2 = 1,3188 \text{ m}^2$.

Στον τύπο για την μετάδοση της θερμότητας, που είπαμε ότι τα μεγέθη είναι στο διεθνές σύστημα, η θερμοκρασία θα πρέπει να μπει σε μονάδες Κέλβιν. Όμως δεν χρειάζεται να κάνουμε εδώ μετατροπή, γιατί όταν έχουμε διαφορά θερμοκρασιών τότε είτε σε βαθμούς Κελσίου μπει η θερμοκρασία είτε σε μονάδες Κέλβιν, η διαφορά προκύπτει ίδια. Επομένως μπορούμε να προχωρήσουμε στη λύση της αρχικής εξίσωσης:

$$\begin{aligned} \frac{Q}{t} &= A \times \frac{k}{\delta} \times (T_1 - T_2) \Rightarrow \frac{Q}{t} = 1,3188 \text{ m}^2 \times \frac{348 \text{ W/m}\cdot\text{K}}{0,002 \text{ m}} \times (60 - 30) \text{ K} \Rightarrow \frac{Q}{t} = 6884136 \text{ W} \\ &= 6.884,136 \text{ kW} = 6,9 \text{ MW} \end{aligned}$$



Παρατηρούμε ότι η ροή της θερμότητας είναι ένα τεράστιο μέγεθος και η αιτία είναι η μεγάλη ειδική θερμική αγωγιμότητα του χαλκού, που είναι περίπου 500 φορές μεγαλύτερη από ένα συνήθη τοίχο οικοδομής. Ο οποίος τοίχος μάλιστα θα είναι και 100 φορές πιο παχύς από τα 2 χιλιοστά πάχους του κυλίνδρου της άσκησης. Άρα αν είχαμε τοίχο με ίδια τα άλλα χαρακτηριστικά (θερμοκρασίες και επιφάνεια) θα είχε ροή θερμότητας $500 \times 100 = 50.000$ φορές μικρότερη. Δηλαδή θα είχαμε:

$$\frac{Q}{t} = \frac{6884136}{50000} = 137,7W$$

Φυσικά αυτή η τιμή δε μας φαίνεται παράξενη και υπερβολική.

59. Το κάθε παπούτσι που φορά ένας άνθρωπος με βάρος 80 κιλά, έχει επιφάνεια στη βάση του (σόλα) ίση με 300 cm². Να βρείτε την πίεση που ασκεί όταν στέκεται όρθιος πάνω στο χιόνι. Αν φορέσει ο ίδιος άνθρωπος παγοπέδιλα, που το καθένα έχει μήκος επαφής με το χιόνι 1,2 μέτρα και πλάτος ίσο με 15 εκατοστά, να βρείτε την πίεση που θα ασκεί τώρα. Εξηγήστε γιατί στο χιόνι φοράμε τα παγοπέδιλα.

Απάντηση:

Η πίεση P , από τον ορισμό της, δίνεται από τον τύπο:

$$P = \frac{F}{S}$$

Σε αυτό τον τύπο, F είναι η δύναμη που πιέζει μια επιφάνεια και S είναι το εμβαδόν της επιφάνειας. Στην άσκησή μας F είναι το βάρος του ανθρώπου και S είναι το εμβαδόν των δύο παπουτσιών ή των δύο παγοπέδλων αντίστοιχα.

Το βάρος των 80 κιλών του ανθρώπου, σημαίνει ότι το βάρος του ασκεί στο έδαφος ή στο χιόνι δύναμη 80 kp.

Να διευκρινίσουμε εδώ ότι στην καθομιλουμένη ένα κιλό είναι είτε μάζα 1 kg, είτε βάρος 1 kp. Δηλαδή χρησιμοποιείται συχνά για να δηλώσει δυο διαφορετικά μεγέθη. Όμως δεν γίνεται σύγχυση γιατί είναι γνωστό ότι μια μάζα που μετριέται σε kg, ισούται αριθμητικά με το βάρος της σε kp.

Για την επιφάνεια θα πρέπει να γίνουν οι υπολογισμοί και στις δυο περιπτώσεις με μονάδα τα cm². Τα παπούτσια είναι δύο και η συνολική τους επιφάνεια είναι:

$$300 \text{ cm}^2 + 300 \text{ cm}^2 = 600 \text{ cm}^2.$$

Άρα η πίεση P_1 που ασκεί φορώντας τα παπούτσια είναι:

$$P_1 = \frac{F}{S} \Rightarrow P_1 = \frac{80kp}{600cm^2} \Rightarrow P_1 = 0,133 \frac{kp}{cm^2}$$

Τώρα να δούμε την πίεση P_2 που ασκεί ο άνθρωπος φορώντας τα παγοπέδιλα. Πρώτα όμως θα βρούμε το εμβαδόν των παγοπέδλων σε μονάδες cm². Κάθε παγοπέδιλο έχει εμβαδόν ίσο με 1,2 m x 15 cm = 120 cm x 15 cm = 1800 cm². Επομένως το συνολικό εμβαδόν τους θα είναι: 2 x 1800 cm² = 3600 cm². Η πίεση προκύπτει:

$$P_2 = \frac{F}{S} \Rightarrow P_2 = \frac{80kp}{3600cm^2} \Rightarrow P_2 = 0,022 \frac{kp}{cm^2}$$

Υπολογίσαμε τις δυο πιέσεις: την P_1 με τα παπούτσια και την P_2 με τα παγοπέδιλα, και βλέπουμε ότι στη δεύτερη περίπτωση η πίεση είναι 6 φορές μικρότερη, ακριβώς όσες φορές πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια στα πόδια του ανθρώπου. Αυτός είναι και ο λόγος που στα χιόνια οι άνθρωποι είναι καλύτερα να φορούν υποδήματα με μεγάλη επιφάνεια: διότι τότε μειώνεται η πίεση και το χιόνι δεν υποχωρεί ώστε να βουλιάζουν σε αυτό και προχωρούν με μεγαλύτερη ευκολία.

Ερώτηση: ένας άνθρωπος φορά παπούτσια και στέκεται στο πάτωμα. Μετά πηγαίνει και στέκεται πάνω στο χιόνι, όποτε τα πόδια του βυθίζονται λίγο σε αυτό. Πότε θα ασκεί μεγαλύτερη πίεση, στο πάτωμα ή στο χιόνι;

60. Έχουμε ένα αέριο σε ένα κύλινδρο με ένα έμβολο στο επάνω μέρος του, το οποίο μπορεί και μετακινείται κατακόρυφα, ανάλογα με την πίεση που δέχεται από το αέριο. Η πίεση στον κύλινδρο είναι 2 bar και έχουμε ισορροπία. Απαντήστε στις επόμενες ερωτήσεις, καθότι παίρνουμε δύο διαφορετικές εκδοχές ως προς το τι συμβαίνει στο σύστημα:

- A. Θερμαίνουμε το αέριο του κυλίνδρου με θερμότητα 2000 cal και βλέπουμε την πίεση στον κύλινδρο να αυξάνεται στα 8 bar αλλά το έμβολο να μη μετακινείται. Να υπολογίσετε την μεταβολή στην εσωτερική ενέργεια του αερίου και το έργο που παρήχθη.

- B. Θερμαίνουμε (όχι συνεχίζοντας το προηγούμενο πείραμα αλλά από την αρχή) το αέριο του κυλίνδρου με θερμότητα 2000 cal και βλέπουμε το έμβολο να ανεβαίνει λίγο και την πίεση να αυξάνεται στα 6 bar. Αν το έργο που παρήχθη από τη μετακίνηση του εμβόλου ήταν 1000 Joule, πόση ήταν η αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του αερίου; Αν το έργο που παρήχθη είναι ωφέλιμο, ποιος είναι ο βαθμός απόδοσης;
- C. Πόσο μεταβλήθηκε η ενθαλπία στην πρώτη περίπτωση, αν ο αρχικός όγκος του κυλίνδρου ήταν 1 λίτρο;



Απάντηση:

A. Στην πρώτη περίπτωση αφού το έμβολο δεν μετακινήθηκε σημαίνει ότι δεν είχαμε παραγωγή ενέργειας από τη μεταβολή ($W=0$, γιατί $W=F \cdot s$ και εδώ η μετακίνηση $s=0$). Άρα όλη η θερμότητα πήγε στην αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του αερίου. Αυτό το καταλαβαίνουμε από τον τύπο για το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα: $Q=\Delta U+W$. Άρα $Q=\Delta U$, οπότε $\Delta U = 2000 \text{ cal}$.

B. Από τον τύπο του πρώτου θερμοδυναμικού αξιώματος : $Q=\Delta U+W$ γνωρίζουμε το Q και το έργο W . Άρα θα λύσουμε την εξίσωση ως προς : ΔU για να το υπολογίσουμε. Όμως δεν είναι στις ίδιες μονάδες τα Q και W , γι αυτό θα μετατρέψουμε τα 1000 Joule του έργου σε θερμίδες (cal). Από το μηχανικό ισοδύναμο της θερμίδας ξέρουμε ότι: $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ Joule}$ ή διαφορετικά $1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$. Άρα τα 1000 Joule είναι ίσα με $1000 \times 0,24 = 240 \text{ cal}$. Αυτό είναι το έργο που παρήχθη στη μεταβολή, και το υπόλοιπο έγινε εσωτερική ενέργεια του αερίου. Επομένως: $\Delta U = Q-W = 2000 \text{ cal} - 240 \text{ cal} = 1760 \text{ cal}$.

Ο βαθμός απόδοσης θα προκύψει από τον τύπο: $\eta = \frac{W}{Q} \Rightarrow \eta = \frac{240 \text{ cal}}{2000 \text{ cal}} \Rightarrow \eta = 0,12$ ή 12%

C. Παίρνουμε την πρώτη περίπτωση που δεν αλλάζει ο όγκος του αερίου ($V_1=V_2$). Η ενθαλπία δίνεται από τη σχέση: $H=U+P \cdot V$, άρα αν η αρχική κατάσταση έχει δείκτη το (1) και η τελική το (2) θα έχουμε: $H_1=U_1+P_1 \cdot V_1$ και $H_2=U_2+P_2 \cdot V_2$ οπότε $H_2-H_1=U_2-U_1+P_2 \cdot V_2-P_1 \cdot V_1$. Για να κάνουμε πράξεις πρέπει να τακτοποιήσουμε τις μονάδες στο διεθνές σύστημα. Θα το κάνουμε κατά τα γνωστά:

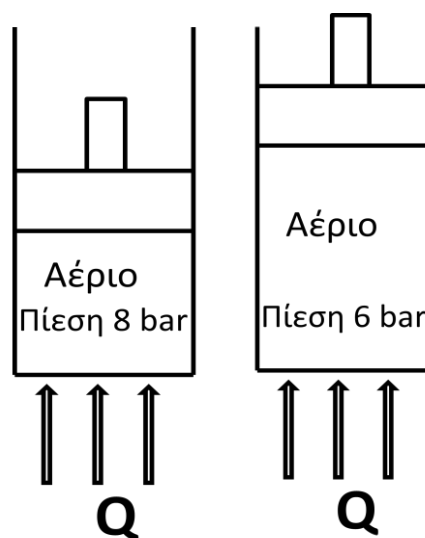
$U_2-U_1=2000 \text{ cal}=2000 \cdot 4,186=8372 \text{ Joule}$ (είναι η τιμή της εσωτερικής ενέργειας που βρέθηκε στο πρώτο ερώτημα)

$P_1=2 \text{ bar}=2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $P_2=8 \text{ bar}=8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $V_1=1 \text{ lt}=0,001 \text{ m}^3$. Άρα θα έχουμε:

$H_2-H_1=U_2-U_1+P_2 \cdot V_2-P_1 \cdot V_1= U_2-U_1+V \cdot (P_2-P_1)= 8372 \text{ Joule} + 0,001 \text{ m}^3 \cdot (8 \cdot 10^5 \text{ Pa}-2 \cdot 10^5 \text{ Pa})=8372 + 0,001 \cdot 600000=8372+600=8972 \text{ Joule}=8972/4,186=2143 \text{ cal}$.

Παρατηρούμε ότι η ενθαλπία αυξήθηκε περισσότερο από την θερμότητα που δόθηκε στο σύστημα. Όμως η αύξηση αυτή είναι απατηλή, γιατί αν αφήσουμε το αέριο να εκτονωθεί θα μας δώσει λίγο έργο και η εσωτερική ενέργεια θα μειωθεί. Δεν μπορούμε δηλαδή να εκμεταλλευτούμε αυτά τα 2143 cal, όχι γιατί έχουμε μικρό βαθμό απόδοσης αλλά γιατί δεν είναι διαθέσιμα.

61. Ένα δωμάτιο έχει μια τζαμαρία από μονό τζάμι πάχους 5 mm και ειδική θερμική αγωγιμότητα ίση με $1 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}$. Η επιφάνεια του τζαμιού είναι 10 m^2 . Αν η εξωτερική



Θερμοκρασία είναι 0 °C και η εσωτερική 20 °C, να υπολογίσετε το θερμικό φορτίο από τη τζαμαρία (δηλαδή την παροχή θερμότητας από αυτό).

Απάντηση:

Η μετάδοση θερμότητας γίνεται από το δωμάτιο προς τα έξω (μεταφορά θερμότητας από το ζεστό στο κρύο). Η μετάδοση της θερμότητας μέσω του τζαμιού γίνεται με αγωγή. Σε αυτή την περίπτωση ισχύει ο τύπος (2.8) του βιβλίου στη σελίδα 52:

$$\frac{Q}{t} = A \times \frac{k}{\delta} \times (T_1 - T_2)$$

Σε αυτή τη σχέση όλα είναι γνωστά εκτός από τον πρώτο λόγο Q/t , που είναι και ο ζητούμενος. Θα πρέπει να προσέξουμε τις μονάδες όταν πάμε να κάνουμε αντικατάσταση των τιμών που έχουν τα μεγέθη. Η μονάδα μήκους είναι το μέτρο και το πάχος του τζαμιού θα πρέπει από χιλιοστά να γίνει μέτρα. Ισχύει: 5 mm = 0,005 m. Τα τετραγωνικά μέτρα της επιφάνειας είναι όπως τα θέλουμε. Οι θερμοκρασίες σε αυτό τον τύπο κανονικά είναι σε μονάδες Κέλβιν, αλλά όταν η θερμοκρασία δεν είναι μεμονωμένη, αλλά σε διαφορά δύο τιμών, δεν χρειάζεται να κάνουμε τη μετατροπή, αφού προκύπτει ως διαφορά το ίδιο αποτέλεσμα. Επομένως μπορούμε να προχωρήσουμε στις πράξεις:

$$\frac{Q}{t} = A \times \frac{k}{\delta} \times (T_1 - T_2) \Rightarrow \frac{Q}{t} = 10m^2 \times \frac{1 \text{ kcal}/\text{hm}^\circ\text{C}}{0,005m} \times (20^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) \Rightarrow \frac{Q}{t} = 40.000 \text{ kcal}/h$$

Άρα η παροχή θερμότητας προς το περιβάλλον από όλο αυτό το μεγάλο τζάμι είναι 40.000 kcal/h. Αυτό είναι ένα τεράστιο νούμερο και δείχνει γιατί τα τζάμια σε μεγάλες επιφάνειες πρέπει να είναι διπλά. Δηλαδή να έχουμε δυο τζάμια παράλληλα και μεταξύ τους να υπάρχει ένα στρώμα αέρα. Ένα τυπικό διπλό τζάμι έχει ειδική θερμική αγωγιμότητα (ανάλογα την επεξεργασία που έχει υποστεί) 0,3 kcal/hm°C. Αν ήταν τέτοια η τζαμαρία της άσκησης θα είχαμε απώλειες αντί για 40.000 kcal/h, μόνο 12.000 kcal/h. Δηλαδή θα είχαμε μείωση κατά 70%.

Η τιμή για την παροχή θερμότητας, που βρέθηκε στην άσκηση αυτή, είναι τεράστια και δεν είναι αυτός ο ρυθμός απώλειας της θερμότητας σε ένα πραγματικό τζάμι. Στην πράξη η διάδοση της θερμότητας περιλαμβάνει και την διάδοση με **μεταφορά** από τον ζεστό αέρα στη μια πλευρά του τζαμιού και την **μεταφορά** πάλι από την άλλη πλευρά του τζαμιού στον κρύο αέρα. Δηλαδή πρακτικά σε ένα μονό τζάμι έχουμε παροχή θερμότητας που είναι συνδυασμός τριών μεταδόσεων:

- Από τον αέρα στην μια επιφάνεια του τζαμιού.
- Από την μια επιφάνεια του τζαμιού στην επιφάνεια της άλλης μεριάς.
- Από την δεύτερη επιφάνεια του τζαμιού στον αέρα.

Η πρώτη και η τρίτη μετάδοση της θερμότητας δεν είναι και τόσο γρήγορες. Η ταχύτητά της εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (παρόμοιους με την διάδοση της θερμότητας με αγωγιμότητα). Για το τζάμι της άσκησης με την επιφάνεια των 10 m² και τη διαφορά θερμοκρασίας των 20 °C, σε κάθε μεριά του η παροχή είναι περίπου 4000 kcal/h.

Η συνολική παροχή (δυο μεταφορές και μια με αγωγιμότητα) **δεν** προκύπτει με πρόσθεση των παραπάνω τιμών, αλλά με ένα λίγο πιο πολύπλοκο τύπο. Το αποτέλεσμα που θα βρούμε είναι χονδρικά 2000 kcal/h. [Οι τιμές είναι στρογγυλοποιημένες και κατά προσέγγιση.] Βλέπουμε ότι αυτή η παροχή θερμότητας είναι ελάχιστη σε σχέση με εκείνη που βρήκαμε στο καθαρό τζάμι. Δηλαδή η μετάδοση με μεταφορά του αέρα στις δυο πλευρές της τζαμαρίας μειώνει πολύ τον συντελεστή, καθυστερεί την μετάδοση.

62. Φανταστείτε ένα κουτί κατασκευασμένο από σίδηρο, ο οποίος έχει συντελεστή ειδικής αγωγιμότητας ίσο με 73 kcal/hm°C, και ένα άλλο από ξύλο, που έχει συντελεστή ειδικής αγωγιμότητας ίσο με 0,17 kcal/hm°C. Να υποθέσετε ότι το σιδερένιο κουτί έχει δέκα φορές πιο μεγάλο πάχος από το ξύλινο. Να συγκρίνετε την παροχή θερμότητας στα δυο κουτιά, όταν όλα τα υπόλοιπα είναι ίδια (θερμοκρασίες και διαστάσεις).

Απάντηση:

Η παροχή θερμότητας δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{Q}{t} = A \times \frac{k}{\delta} \times (T_1 - T_2).$$

Σε αυτήν, η επιφάνεια A και η διαφορά θερμοκρασίας $T_1 - T_2$ είναι ίδιες και για τα δυο υλικά. Άρα η παροχή θερμότητας εξαρτάται μόνο από τον λόγο: k/δ . Θα τον υπολογίσουμε σε κάθε περίπτωση. Σημειώνουμε ότι αν δ είναι το πάχος για το σίδηρο τότε το πάχος για το ξύλο θα είναι δέκα φορές λιγότερο, δηλαδή $\delta/10$.

$$\text{Σίδηρο: } \frac{k}{\delta} = \frac{73 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}}{\delta}$$

$$\text{Ξύλο: } \frac{k}{\delta} = \frac{0,17 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}}{\frac{\delta}{10}} = \frac{1,7 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}}{\delta}$$

Αν διαιρέσουμε τις δύο τιμές θα βρούμε πόσες φορές είναι μεγαλύτερος ο συντελεστής του σιδήρου από τον συντελεστή του ξύλου:

$$\frac{\frac{73 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}}{\delta}}{\frac{1,7 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}}{\delta}} = 43$$

Επομένως βρήκαμε ότι το κουτί από σίδηρο θα συναλλάσσει με το περιβάλλον δέκα φορές πιο πολλή θερμότητα απ' ό,τι το ξύλινο, στον ίδιο χρόνο.

Παρατήρηση: Αν σας φαίνεται δύσκολη και λίγο μαθηματική η προηγούμενη διατύπωση, πρέπει να ξέρετε ότι συχνά στα προβλήματα πρέπει να σκεφτόμαστε πιο γενικά, όπως πριν. Δε θα έχετε πάντα συγκεκριμένα νούμερα για να τα αντικαθιστάτε και να βρίσκετε το αποτέλεσμα. Άλλωστε πιστεύουμε ότι έτσι που δόθηκε η άσκηση έγινε πιο εύκολη. Αν θα έδινε και τις δυο θερμοκρασίες και τις επιφάνειες, θα ήταν πιο πολύπλοκες οι πράξεις.

Μπορούμε όμως να κάνουμε το πρόβλημα λίγο πιο συγκεκριμένο, αν ονομάσουμε Π_Σ την παροχή θερμότητας στο σίδηρο και Π_Ξ στο ξύλο. Αντίστοιχα ο συντελεστής ειδικής αγωγιμότητας στο σίδηρο ονομάζεται k_Σ και k_Ξ στο ξύλο. Το πάχος για το σίδηρο είναι δ και για το ξύλο $\delta/10$, δέκα φορές πιο μικρό. Τώρα θα έχουμε δυο τύπους για τα υλικά:

$$\text{Σίδηρο: } \Pi_\Sigma = A \times \frac{k_\Sigma}{\delta} \times (T_1 - T_2)$$

$$\text{Ξύλο: } \Pi_\Xi = A \times \frac{k_\Xi}{\delta/10} \times (T_1 - T_2)$$

Διαιρούμε κατά μέλη τις δύο σχέσεις και έχουμε, μετά τις απλοποιήσεις:

$$\frac{\Pi_\Sigma}{\Pi_\Xi} = \frac{A \times \frac{k_\Sigma}{\delta} \times (T_1 - T_2)}{A \times \frac{k_\Xi}{\delta/10} \times (T_1 - T_2)} = \frac{k_\Sigma}{10 \cdot k_\Xi} = \frac{\frac{73 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}}{\delta}}{\frac{1,7 \text{ kcal/hm}^\circ\text{C}}{\delta}} = 43$$

Προφανώς βρίσκουμε στο ίδιο αποτέλεσμα.

Κεφάλαιο 2**2.2. Ερωτήσεις - Δραστηριότητες σχολικού βιβλίου**

1. Πάνω στο τραπέζι του δωματίου σας, βρίσκονται για αρκετές ώρες ένα κομμάτι από μάρμαρο και μια ξύλινη μολυβοθήκη. Ακουμπάτε τα δυο αυτά αντικείμενα, ένα με κάθε χέρι σας.

α. Το ερέθισμα από το άγγιγμα του μαρμάρινου κομματιού είναι το ίδιο με το ερέθισμα από το άγγιγμα της ξύλινης μολυβοθήκης;

β. Μπορούμε με την αίσθηση της αφής και μόνο να απαντήσουμε ποιο είναι πιο ζεστό ή πιο κρύο (δηλαδή ποιο έχει ψηλότερη και ποιο χαμηλότερη θερμοκρασία);

Απάντηση:

Πρέπει να καταλάβουμε πότε νιώθει ο οργανισμός μας ότι κάτι είναι κρύο ή ζεστό. Η αίσθηση του κρύου και του ζεστού που αισθανόμαστε σχετίζεται με το αν δίνει το σώμα μας θερμότητα ή αν παίρνει, καθώς και πόσο γρήγορα γίνεται αυτό. Όταν ακουμπάμε ένα κρύο σώμα, τότε το ζεστό χέρι μας μεταφέρει θερμότητα στο κρύο σώμα. Αυτή η μεταφορά της θερμότητας από τον οργανισμό μας είναι που μας κάνει να νιώθουμε ότι το σώμα που ακουμπάμε είναι κρύο. Αν ακουμπήσουμε κάτι πιο ζεστό από το χέρι μας τότε παίρνουμε θερμότητα από το ξένο σώμα, άρα νιώθουμε το αντίθετο του κρύου, επομένως ζέστη.

α. Όταν δυο ή περισσότερα υλικά βρίσκονται στην ίδιο χώρο για αρκετή ώρα, αποκτούν την ίδια θερμοκρασία. Άρα το κομμάτι ξύλου όπως και το μάρμαρο έχουν την ίδια θερμοκρασία.

Το ξύλο είναι ένα μονωτικό υλικό. Αυτό σημαίνει πως αν είναι κρύο και το ακουμπήσουμε, πολύ γρήγορα η επιφάνεια που ακουμπάμε παίρνει τη θερμοκρασία του χεριού μας και πολύ αργά μεταφέρεται η θερμότητα από το χέρι μας στο υπόλοιπο ξύλο. Άρα δεν έχουμε μεγάλη μεταφορά θερμότητας οπότε δε νιώθουμε έντονη την ψύχρα του ξύλου. Αντίθετα το μάρμαρο έχει λιγότερο μονωτικές ιδιότητες. Αυτό σημαίνει ότι όταν το πιάσουμε, παίρνει συνέχεια θερμότητα από το σώμα μας για να ζεσταθεί εκείνο, με αποτέλεσμα να αισθανόμαστε ότι είναι πολύ ψυχρότερο από το ξύλο, ενώ έχουν την ίδια θερμοκρασία. Το ίδιο μπορείτε να καταλάβετε και το χειμώνα όταν ακουμπήσετε διαδοχικά ένα ξύλινο έπιπλο και ένα σιδερένιο αντικείμενο. Το σιδερένιο πάντα θα μας φαίνεται πιο κρύο, ενώ δεν είναι.

β. Από τα προηγούμενα καταλαβαίνουμε ότι η αφή δίνει μια υποκειμενική αίσθηση της θερμοκρασίας αφού το πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα που ακουμπάμε έχει σχέση με το πόσο μονωτικό ή όχι είναι. Άρα για να μετρήσουμε τη θερμοκρασία χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε ένα αντικειμενικό τρόπο μέτρησης, δηλαδή ένα θερμόμετρο.

2. Το υγρό που χρησιμοποιείται στα γυάλινα θερμόμετρα είναι συνήθως υδράργυρος. Για ποιο λόγο πιστεύετε ότι προτιμάται ο υδράργυρος;

Απάντηση:

Η απάντηση βρίσκεται στο Παράρτημα 1 του σχολικού βιβλίου:

- Είναι καλός αγωγός της θερμότητας, οπότε φθάνει γρήγορα στη θερμοκρασία του σώματος με το οποίο έρχεται σε επαφή. Αυτό σημαίνει ότι σε ελάχιστα λεπτά μπορούμε να δούμε τη θερμοκρασία που επιθυμούμε να μετρήσουμε. Ο λόγος που είναι τόσο καλός αγωγός της θερμότητας είναι ότι είναι μέταλλο.
- Έχει πολύ μεγάλο συντελεστή κυβικής διαστολής. Αυτό σημαίνει ότι και για μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας είναι εμφανής η διαστολή του. Συντελεστής κυβικής διαστολής είναι ένα αριθμός που δείχνει πόσο πολύ ή λίγο αυξάνεται ο όγκος ενός σώματος όταν αυξηθεί η θερμοκρασία του. Ο υδράργυρος λοιπόν έχει την ιδιότητα όταν αυξηθεί έστω και λίγο η θερμοκρασία του να μεγαλώσει σχετικά πολύ ο όγκος του. Αυτό σημαίνει ότι στο θερμόμετρο διακρίνεται πιο εύκολα αυτή η αύξηση, η οποία θα μας δείξει και την θερμοκρασία που ζητάμε.
- Η ελεύθερη επιφάνειά του διακρίνεται σαφώς. Άρα η θερμοκρασία φαίνεται ξεκάθαρα στο θερμόμετρο.
- Δε διαβρέχει το γυαλί. Δηλαδή ο υδράργυρος δεν κολλά στα τοιχώματα του θερμομέτρου και επομένως όλη η ποσότητα που περιέχεται στο όργανο να δείχνει τη θερμοκρασία. Αν κολλούσε στα τοιχώματα δεν θα είχαμε σαφή ένδειξη.

- Βρίσκεται σε υγρή μορφή σε μεγάλο φάσμα θερμοκρασιών που καλύπτουν τις συνηθισμένες εφαρμογές (στερεοποιείται στους $-38,9^{\circ}\text{C}$ και βράζει στους $356,9^{\circ}\text{C}$).
3. Κάνετε τις ακόλουθες μετατροπές: α. 68°F σε $^{\circ}\text{C}$. β. 23°C σε Κ. γ. -40°C σε $^{\circ}\text{F}$ και δ. 55°F σε Κ.

Απάντηση:

Από τη θεωρία είναι γνωστός ο τύπος για την αλλαγή της κλίμακας των βαθμών Κελσίου σε βαθμούς Φαρενάιτ και το αντίστροφο:

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

Θα χρησιμοποιήσουμε διαδοχικά αυτή τη σχέση για να κάνουμε τις μετατροπές που ζητά η άσκηση στα ερωτήματα α και γ.

α. Τους 68°F θέλουμε να μετατρέψουμε σε $^{\circ}\text{C}$. Αντικαθιστούμε στον προηγούμενο τύπο το σύμβολο F με την τιμή 68 και λύνουμε την εξίσωση ως προς τον άγνωστο C:

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} \Rightarrow \frac{C}{5} = \frac{68 - 32}{9} \Rightarrow \frac{C}{5} = \frac{36}{9} \Rightarrow \frac{C}{5} = 4 \Rightarrow C = 4 \times 5 \Rightarrow C = 20^{\circ}\text{C}$$

Επομένως οι 68°F ισοδυναμούν με 20°C .

γ. Τους -40°C σε $^{\circ}\text{F}$. Και εδώ θα κάνουμε το ίδιο με το προηγούμενο ερώτημα. Απλά στην τιμή του C θα αντικαταστήσουμε με την τιμή -40 και θα υπολογίσουμε την τιμή του F.

$$\begin{aligned} \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} &\Rightarrow \frac{-40}{5} = \frac{F - 32}{9} \Rightarrow -8 = \frac{F - 32}{9} \Rightarrow -8 \times 9 = F - 32 \Rightarrow -72 = F - 32 \Rightarrow -72 + 32 \\ &= F \Rightarrow -40 = F \Rightarrow F = -40^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

Επομένως οι -40°C αντιστοιχούν σε -40°F . Αυτή είναι και η μοναδική περίπτωση που οι θερμοκρασίες στις δύο κλίμακες συμπίπτουν. Προφανώς, αν αντικαταστήσουμε τα F και C στον τύπο $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$ με την τιμή -40, η ισότητα ισχύει: $\frac{-40}{5} = \frac{-40-32}{9} \Rightarrow -8 = -8$.

Το ίδιο θα βρίσκαμε αν αντικαθιστούσαμε το F με το C, ή το αντίστροφο:

$$\begin{aligned} \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} &\Rightarrow \frac{C}{5} = \frac{C - 32}{9} \Rightarrow C \times 9 = 5 \times (C - 32) \Rightarrow C \times 9 = 5 \times C - 5 \times 32 \Rightarrow C \times 9 - 5 \times C \\ &= -160 \Rightarrow 4 \times C = -160 \Rightarrow C = \frac{-160}{4} \Rightarrow C = -40 \end{aligned}$$

Όπερ έδει δείξε.

β. Ερχόμαστε τώρα στη μετατροπή των θερμοκρασιών από $^{\circ}\text{C}$ σε Κέλβιν, δηλαδή σε τιμές απόλυτης θερμοκρασίας. Ισχύει η σχέση του βιβλίου: $K = ^{\circ}\text{C} + 273$. Άρα στο β ερώτημα απλά αντικαθιστούμε τους $^{\circ}\text{C}$ και υπολογίζουμε το K:

$$K = ^{\circ}\text{C} + 273 \Rightarrow K = 23 + 273 \Rightarrow K = 296$$

Άρα οι 23°C αντιστοιχούν σε απόλυτη θερμοκρασία 296. Υπενθυμίζουμε ότι στην απόλυτη θερμοκρασία δεν χρησιμοποιείται ο όρος «βαθμοί». Απλά αναφέρουμε τον αριθμό και αν θέλουμε προσθέτουμε ότι είναι μονάδες Κέλβιν.

δ. Το σχολικό βιβλίο δεν δίνει μαθηματική σχέση για τη μετατροπή των βαθμών $^{\circ}\text{F}$ σε Κέλβιν ή το αντίστροφο. Μπορούμε όμως να μετατρέψουμε αρχικά τους βαθμούς $^{\circ}\text{F}$ σε βαθμούς $^{\circ}\text{C}$ και μετά τους βαθμούς $^{\circ}\text{C}$ σε Κ. Για το πρώτο βήμα έχουμε:

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} \Rightarrow \frac{C}{5} = \frac{55 - 32}{9} \Rightarrow \frac{C}{5} = \frac{23}{9} \Rightarrow C \times 9 = 5 \times 23 \Rightarrow C = \frac{115}{9} \Rightarrow C = 12,8^{\circ}\text{C}$$

Βρήκαμε ότι οι 55°F αντιστοιχούν σε $12,8^{\circ}\text{C}$. Τώρα θα εφαρμόσουμε τη σχέση $K = ^{\circ}\text{C} + 273$ για να βρούμε την απόλυτη θερμοκρασία που ζητείται:

$$K = ^{\circ}\text{C} + 273 \Rightarrow K = 12,8 + 273 \Rightarrow K = 285,8$$

Επομένως στους 55°F , αντιστοιχεί η απόλυτη θερμοκρασία, ή θερμοκρασία Κέλβιν, 285,8.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Προφανώς τις αντιστοιχίσεις των θερμοκρασιών μπορούμε αντί για τους τύπους, να χρησιμοποιήσουμε τους πίνακες μετατροπής του βιβλίου. Για παράδειγμα στο πρώτο ερώτημα, τους 68 °F βρίσκουμε ότι αντιστοιχούν σε 20 °C (σελίδα 43):

-31,7	-25	-13,0	-9,4	+15	+59,0
-31,1	-24	-11,2	-8,9	+16	+60,8
-30,6	-23	-9,4	-8,3	+17	+62,6
-30,0	-22	-7,6	-7,8	+18	+64,4
-29,4	-21	-5,8	-7,2	+19	+66,2
-28,9	-20	-4,0	-6,7	+20	+68,0
-28,3	-19	-2,2	-6,1	+21	+69,8
-27,8	-18	-0,4	-5,5	+22	+71,6
-27,2	-17	+1,4	-5,0	+23	+73,4
-26,7	-16	+3,2	-4,4	+24	+75,2
-26,1	-15	+5,0	-3,9	+25	+77,0
-25,6	-14	+6,8	-3,3	+26	+78,8
-25,0	-13	+8,6	-2,8	+27	+80,6
-24,4	-12	+10,4	-2,2	+28	+82,4
-23,9	-11	+12,2	-1,7	+29	+84,2

Ή το βρίσκουμε και από άλλη πλευρά του ίδιου πίνακα (σελίδα 44):

+18,3	+65	+149,0
+18,9	+66	+150,8
+19,4	+67	+152,6
+20,0	+68	+154,4
+20,6	+69	+156,2

Στο τρίτο ερώτημα πάλι από τον πίνακα έχουμε (σελίδα 43):

Θερμοκρασία		
°C	°C η °F	°F
-40,0	-40	-40,0
-39,4	-39	-38,2
-38,9	-38	-36,4
-38,3	-37	-34,6
-37,8	-36	-32,8

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Μπορούμε να επιλύσουμε τους τύπους $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$ και $K = °C + 273$ ως προς C ή F και να έχω κατευθείαν τα αποτελέσματα στην ζητούμενη κλίμακα:

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} \Rightarrow C = 5 \cdot \frac{F - 32}{9} \Rightarrow C = \frac{5}{9} \cdot (F - 32)$$

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} \Rightarrow \frac{9 \cdot C}{5} = F - 32 \Rightarrow 1,8 \cdot C + 32 = F \Rightarrow F = 1,8 \cdot C + 32$$

$$K = °C + 273 \Rightarrow °C = K - 273$$

Αν συνδυάσουμε τις δυο τελευταίες εξισώσεις θα βρούμε τη σχέση των βαθμών F με τους Κέλβιν:

$$F = 1,8 \cdot C + 32 \Rightarrow F = 1,8 \cdot (K - 273) + 32 \Rightarrow F = 1,8 \cdot K - 459,4$$

Από την τελευταία σχέση μπορούμε να βρούμε και τον τύπο μετατροπής της απόλυτης θερμοκρασίας σε βαθμούς F:

$$F = 1,8 \cdot K - 459,4 \Rightarrow F + 459,4 = 1,8 \cdot K \Rightarrow K = \frac{F + 459,4}{1,8}$$

Τώρα μπορούμε να κάνουμε ένα πίνακα με τις μετατροπές των θερμοκρασιών στις τρεις κλίμακες που είδαμε:

$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$	
C → F	$F = 1,8 \cdot C + 32$
F → C	$C = \frac{5}{9} \cdot (F - 32)$
K → C	$^{\circ}\text{C} = K - 273$
C → K	$K = ^{\circ}\text{C} + 273$
F → K	$K = \frac{F + 459,4}{1,8}$
K → F	$F = 1,8 \cdot K - 459,4$

4. Ποιο είναι το μέγιστο βάθος από το οποίο μπορούμε να αντλήσουμε νερό με μια αντλία τοποθετημένη στην επιφάνεια του εδάφους, χωρίς τη βοήθεια πτερυγίων που να είναι τοποθετημένα μέσα στο νερό;

Απάντηση:

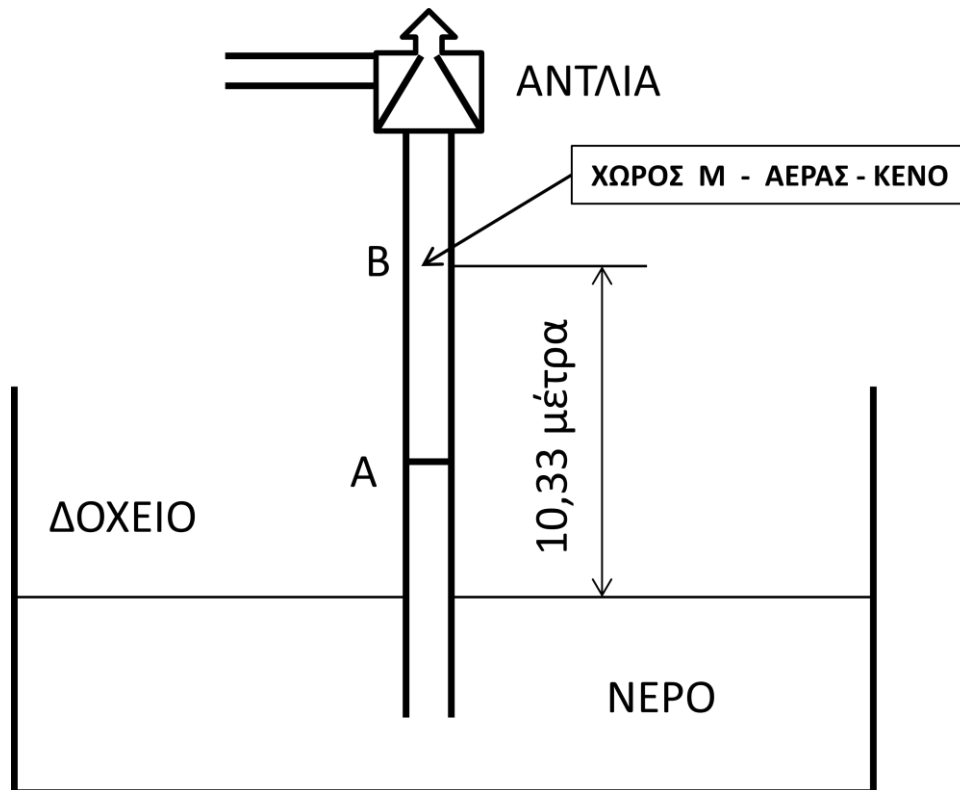
Η απάντηση που δίνει το σχολικό βιβλίο είναι πλήρης και βρίσκεται στο παράρτημα 1 στις σελίδες 367 και 368. Με άλλα λόγια μπορούμε να δώσουμε μια ίδια σχεδόν εξήγηση, όπως φαίνεται πιο κάτω. Υπενθυμίζουμε ότι στο σχολικό βιβλίο στη σελίδα 59 αναφέρεται ότι η στήλη νερού που αντιστοιχεί σε υδροστατική πίεση μιας ατμόσφαιρας έχει ύψος 10,33 μέτρα.

Θεωρούμε ένα μεγάλο δοχείο με νερό, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Μια αντλία μπορεί και ρουφά το νερό. Βρίσκεται σε ύψος πάνω από δέκα μέτρα από την επιφάνεια του νερού του δοχείου. Την αναρρόφηση του νερού την κάνει αναρροφώντας τον αέρα που βρίσκεται στο σωλήνα κάτω από αυτήν. Η αντλία με την περιστροφή μιας φτερωτής τραβά τον αέρα στο σωλήνα που βρίσκεται κάτω ακριβώς από αυτήν, δηλαδή τον χώρο που ονομάσαμε M στο σχήμα. Έτσι δημιουργείται στο χώρο αυτό μια υποπίεση (δηλαδή αυτός ο χώρος του σωλήνα έχει πίεση μικρότερη από την ατμοσφαιρική) που τραβά το νερό από το δοχείο. Η πίεση δηλαδή στο χώρο M είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική και επειδή στην επιφάνεια του νερού του δοχείου η πίεση είναι μια ατμόσφαιρα, σπρώχνει το νερό να ανέβει μέσα στο σωλήνα. Αν η αντλία σταματήσει να δουλεύει ενώ το νερό έχει ανέβει μέχρι τη στάθμη A, που είναι μικρότερη από τα 10 μέτρα, τότε το νερό θα μείνει εκεί. Η υδροστατική πίεση που ασκεί αυτό το ύψος νερού είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική.

Αν όμως συνεχίσει η αντλία να αναρροφά το νερό, αυτό δεν μπορεί να ανέβει πάνω από τα 10,33 μέτρα (ακόμα και αν έχει αφαιρεθεί όλος ο αέρας από το χώρο M) διότι τότε η υδροστατική πίεση που θα ασκεί θα είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Αυτό δεν μπορεί να συμβεί γιατί θα έχει σαν αποτέλεσμα να μειωθεί το ύψος της στήλης. Άρα η στήλη δεν έχει τη δυνατότητα να ανάβει υψηλότερα.

Αν η αντλία βρίσκεται μέσα στο νερό τότε μπορεί να σπρώξει το νερό όσο ψηλά της επιτρέπει η ισχύς της, άρα και περισσότερο από τα 10,33 μέτρα. Αυτό γίνεται γιατί το βάρος του νερού (υδροστατική πίεση) πέφτει στην αντλία και όχι στο νερό. Άρα αν η αντλία έχει καλή

κατασκευή και μεγάλη ισχύ μπορεί να ανεβάσει το νερό αρκετά ψηλά. Αυτός είναι και ο λόγος που συνήθως οι αντλίες στα πηγάδια και στις γεωτρήσεις μπαίνουν κάτω στο νερό.



Αν θέλουμε να κάνουμε μια περαιτέρω διερεύνηση του θέματος, θα πρέπει να σταθούμε στο εξής: όταν η αντλία αναρροφά τον αέρα από την επιφάνεια του νερού και το ύψος της στήλης πλησιάζει τα δέκα μέτρα, η πίεση στον χώρο Μ θεωρητικά θα πρέπει να μειωθεί πάρα πολύ. Όμως τότε θα αρχίζει να βράζει το νερό (Βλέπε σελίδα 105 του σχολικού βιβλίου). Για παράδειγμα αν η θερμοκρασία του νερού είναι 20 °C, τότε, όταν η πίεση στον χώρο Μ πέσει στα 0,023366 bar, το νερό θα αρχίσει να βράζει. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι γνωστό από τη θερμοδυναμική ότι η θερμοκρασία βρασμού ενός υγρού εξαρτάται από την πίεση στην οποία βρίσκεται. Μάλιστα όταν μειώνεται η πίεση μειώνεται και η θερμοκρασία βρασμού. Για το νερό στην πίεση 0,023366 bar η θερμοκρασία αυτή είναι 20 °C. Όταν σε αυτή την περίπτωση το νερό αρχίσει να εξατμίζεται η πίεση δεν θα μπορεί να μειώνεται όπως πριν από την άντληση του αέρα.

Για να μην αρχίσει ο βρασμός του νερού θα πρέπει η πίεση να μη φτάσει αυτή την τιμή. Ας πούμε ότι φτάνει λίγο υψηλότερα, στα 0,024 bar. Αν δεχτούμε (και έτσι είναι) ότι το ύψος της στήλης είναι αντιστρόφως ανάλογο της πίεσης στον χώρο Μ, θα έχουμε την εξής αναλογία: στο 1 bar η στήλη έχει ύψος 0 εκατοστά (καθόλου ανύψωση), ενώ σε πίεση 0 η στήλη θα είναι 1033 εκατοστά. Ας κάνουμε τη διαίρεση:

$$\frac{1}{0,024} = 41,67$$

Δηλαδή η πίεση στο χώρο Μ είναι 41,67 φορές μικρότερη από την ατμοσφαιρική. Το ερώτημα είναι πόσα εκατοστά αναλογούν στο 1/41,67 των 1033; Το αποτέλεσμα είναι:

$$\frac{1033}{41,67} = 24,8\text{cm}$$

Άρα η στήλη νερού θα είναι κάπου 25 εκατοστά μικρότερη από την αναμενόμενη (1033 cm). Θα είναι δηλαδή λίγα εκατοστά πάνω από δέκα μέτρα.

5. Τι είναι ατμοσφαιρική ή βαρομετρική πίεση και ποια η τιμή της στην επιφάνεια της θάλασσας;

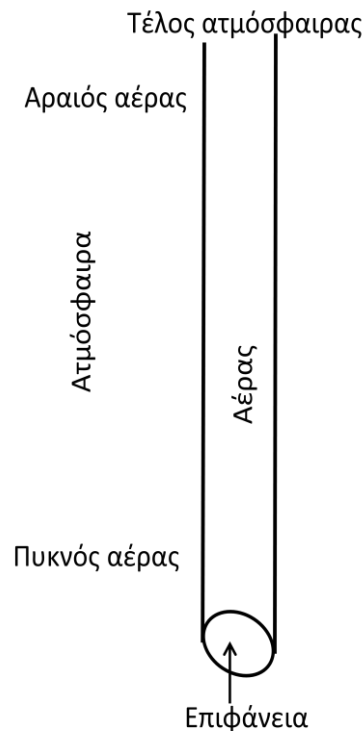
Απάντηση:

Αν έχουμε μια οριζόντια επιφάνεια στο ύψος της θάλασσας, και πάνω της υπάρχει η ελεύθερη ατμόσφαιρα, τότε σε αυτήν ασκείται πίεση που ισούται με το βάρος του αέρα που την πιέζει προς το εμβαδόν της επιφάνειας. Εφαρμόζεται δηλαδή ο τύπος του βιβλίου για την πίεση:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{B}{A}$$

Στον τύπο αυτό το βάρος B είναι το βάρος του αέρα που βρίσκεται σε μια στήλη με διατομή ίδια με την επιφάνεια που εξετάζουμε και φτάνει μέχρι εκεί που τελειώνει η ατμόσφαιρα. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η επιφάνεια και η στήλη που φτάνει μέχρι το τέλος της ατμόσφαιρας, δηλαδή μέχρι εκεί που υπάρχει αέρας. Ουσιαστικά μέχρι τα 20 χιλιόμετρα περίπου. Αν υποθέσουμε ότι η επιφάνεια έχει εμβαδόν 1 cm^2 τότε η στήλη του αέρα έχει βάρος 1 kp. Άρα η πίεση στην επιφάνεια σύμφωνα με τον τύπο μας είναι:

$$P = \frac{B}{A} \Rightarrow P = \frac{1 \text{ kp}}{1 \text{ cm}^2} \Rightarrow P = 1 \text{ kp/cm}^2$$



Είναι δηλαδή ίση με μια ατμόσφαιρα. Αν η επιφάνεια ήταν 5 cm^2 τότε η στήλη του αέρα θα είχε βάρος 5 kp, και προφανώς η πίεση θα ήταν πάλι μια ατμόσφαιρα. Η επιφάνεια που έχουμε δεν είναι απαραίτητο να βρίσκεται σε οριζόντια θέση, αφού λόγω της αρχής του Pascal (σελίδα 58 του σχολικού βιβλίου) η πίεση στα ρευστά μεταφέρεται στην επιφάνεια, όποια θέση και αν έχει, αρκεί να είναι σε επαφή με το ρευστό.

Από τα προηγούμενα καταλαβαίνουμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας θα είναι 1 kp/cm^2 . Σύμφωνα δε με το σχολικό βιβλίο αυτή ισοδυναμεί με 760 χιλιοστά στήλης υδραργύρου. Προφανώς ίδια τιμή θα έχει και η βαρομετρική πίεση, αφού αναφέρεται στο ίδιο πράγμα.

6. Να γίνουν οι εξής μετατροπές μονάδων πίεσης: α. 1,8 at σε bar β. 120 psi σε bar γ. 14 in Hg σε kPa δ. 120 psi σε bar και ε. 2 Torr σε Pa.

Απάντηση:

Σε όλες τις ερωτήσεις θα χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα του σχολικού βιβλίου που βρίσκεται στη σελίδα 63. Αυτός ο πίνακας περιλαμβάνει οκτώ διαφορετικές μονάδες πίεσης και τις έχει στην πρώτη αριστερά στήλη αλλά και στην πρώτη οριζόντια γραμμή. Η μετατροπή γίνεται ως

εξής: αν θέλουμε να μετατρέψουμε χ μονάδες A σε B (όπου το χ είναι ένας αριθμός και τα A και B είναι δυο από τις οκτώ μονάδες πίεσης) πάμε στην οριζόντια γραμμή που βρίσκεται το A μέχρι να συναντήσουμε την στήλη στην οποία βρίσκεται το B. τον αριθμό που βρίσκεται στο κουτάκι εκεί τον πολλαπλασιάζουμε με το χ και αυτό είναι το αποτέλεσμα. Θα το κάνουμε διεξοδικά παρακάτω, απαντώντας στην άσκηση.

α. Θέλω να μετατρέψω 1,8 at σε bar. Εδώ το χ είναι 1,8, το A είναι τα at και το B είναι τα bar. Στην πρώτη στήλη ξεκινώ από τα at και πηγαίνοντας δεξιά φτάνω στην στήλη που είναι τα bar. Στον πίνακα φαίνονται τα δυο βέλη σχεδιασμένα. Συναντώνται στο κουτάκι με την τιμή 0,9807. Άρα πολλαπλασιάζω το 1,8 με το 0,9807 και βρίσκω: $1,8 \times 0,9807 = 1,7766 \text{ bar}$. Αυτή είναι και η απάντηση.

β. Θέλω να μετατρέψω 120 psi σε bar. Βλέπω τα βέλη στον ίδιο πίνακα πιο κάτω. Συναντώνται στον αριθμό 0,06895, άρα το αποτέλεσμα είναι: $120 \times 0,06895 = 8,274 \text{ bar}$. Αυτή είναι η απάντηση.

γ. Θέλω να μετατρέψω 14 in Hg σε kPa. Επειδή τα kPa δεν υπάρχει στον πίνακα αλλά είναι ένα πολλαπλάσιο του Pa (1000 Pa είναι ίσα με 1 kPa), το οποίο υπάρχει στον πίνακα, πρώτα θα κάνω τη μετατροπή σε Pa και κατόπιν σε kPa. Στον πίνακα φαίνονται πάλι τα δυο βέλη, που ξεκινούν το ένα από τις in Hg οριζοντίως και το άλλο καθέτως από τα Pa. Συναντώνται στον αριθμό $3,39 \times 10^3 (=3,39 \times 1000=3390)$. Άρα έχουμε: $14 \times 3390 = 47460 \text{ Pa} = 47,46 \text{ kPa}$. Αυτή είναι η απάντηση.

	Pa $= 1 \frac{Nt}{m^2}$	bar	at $= 1 \frac{Kp}{cm^2}$	p.s.i. $= 1 \frac{lb_f}{in^2}$	Atm φυσική ατμόσφαιρα	mm στήλης Hg(Torr)	in στήλης Hg	m στήλης νερού
Pa	1	10^{-5}	$1,02 \times 10^{-5}$	$1,45 \times 10^{-4}$	$9,8 \times 10^{-6}$	$7,5 \times 10^{-3}$	$2,95 \times 10^{-4}$	$1,02 \times 10^{-4}$
bar	10^5	1	1,0197	14,504	0,9859	750	29,5	10,2
at	$9,8 \times 10^4$	0,9807	1	14,22	0,9678	735,5	29	10
p.s.i.	$6,8 \times 10^3$	0,06895	0,07031	1	0,06305	51,7	2,04	0,703
Atm	$1,013 \times 10^5$	1,013	1,033	14,7	1	760	29,9	10,33
mm Hg	$1,33 \times 10^2$	0,00133	0,00136	0,0193	0,001316	1	0,0394	0,0136
in Hg	$3,39 \times 10^3$	0,0339	0,0345	0,491	0,0334	25,4	1	0,345
m H ₂ O	$9,81 \times 10^3$	0,0981	0,1	1,422	0,0968	73,6	2,9	1

δ. 120 psi σε bar. Προφανώς η ερώτηση είναι ίδια με την β. Αντ' αυτής θα κάνουμε μια συνήθη μετατροπή: τα 8 bar σε psi. Πάλι βλέπουμε τα βέλη στον πίνακα που οδηγούν στον αριθμό 14,504. Επομένως έχουμε: $8 \times 14,504 = 116,032 \text{ psi}$. Αυτή είναι η απάντηση.

ε. 2 Torr σε Pa. Υπενθυμίζουμε ότι 1 Torr είναι το 1 mm στήλης Hg. Πάλι στον πίνακα βλέπουμε τα βέλη που μας οδηγούν στον αριθμό $1,33 \times 10^2 = 133$. Άρα έχουμε: $2 \times 133 = 266 \text{ Pa}$. Αυτή είναι και η απάντηση.

7. Τι ονομάζεται μανομετρική και τι απόλυτη πίεση; Ποια είναι η σχέση μεταξύ τους;

Απάντηση:

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα βρίσκονται στη σελίδα 60 του σχολικού βιβλίου: μανομετρική είναι η πίεση που δείχνει ένα μανόμετρο. Απόλυτη πίεση είναι η πραγματική πίεση του αερίου. Η απόλυτη πίεση είναι μεγαλύτερη από την μανομετρική κατά μια ατμόσφαιρα περίπου. Ουσιαστικά αν προσθέσουμε την πίεση περιβάλλοντος στην μανομετρική θα βρούμε την απόλυτη.

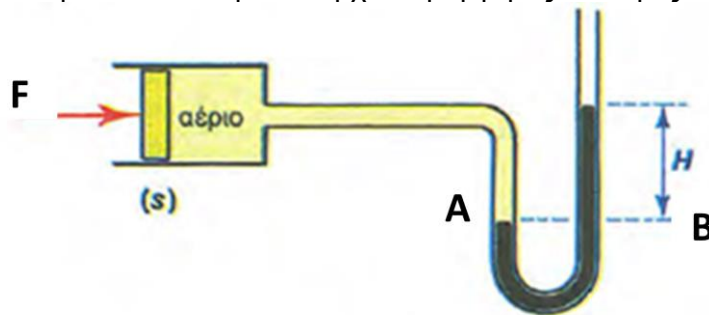
Τα μανόμετρα είναι έτσι κατασκευασμένα που όταν είναι ελεύθερα στην ατμόσφαιρα δείχνουν ένδειξη μηδέν. Όμως πίεση υπάρχει και είναι η ατμοσφαιρική, δηλαδή περίπου μια ατμόσφαιρα. Αυτή είναι η πραγματική πίεση της ατμόσφαιρας και ονομάζεται απόλυτη.

Όταν η απόλυτη πίεση είναι μηδέν, σημαίνει ότι δεν υπάρχουν μόρια κανενός

αερίου για να δημιουργούν πίεση στο όργανο που τη μετρά. Επομένως αυτή είναι και η μικρότερη πίεση που μπορεί να υπάρξει στη φύση. Είναι αντίστοιχη με την θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός. Η θερμοκρασία αυτή είναι η ένδειξη ενός θερμομέτρου που δεν έρχεται σε επαφή με κανένα μόριο, ούτε και με ακτινοβολία για να του δώσει ενέργεια και να κινηθούν τα μόρια του στοιχείου που μας μετρά τη θερμοκρασία.

8. Συμπιέζουμε το αέριο, το οποίο βρίσκεται στον κύλινδρο του σχήματος μέχρι τη θέση που φαίνεται στο σχήμα.

Ο κύλινδρος επικοινωνεί, μέσω σωλήνα μικρής διαμέτρου, με την ατμόσφαιρα. Μεταξύ του αερίου και του ανοιχτού άκρου του σωλήνα υπάρχει υδράργυρος. Το ύψος H ισούται με 38 cm.



- α. Αν η ατμοσφαιρική πίεση είναι 1atm, υπολογίστε την απόλυτη πίεση του αερίου στη θέση του σχήματος.
 β. Τι θα έδειχνε, για την πίεση του αερίου, ένα μανόμετρο τοποθετημένο στον κύλινδρο;
 γ. Υπολογίστε την δύναμη F με την οποία συγκρατείται το έμβολο στη θέση του σχήματος, γνωρίζοντας ότι το εμβαδόν της επιφάνειας του εμβόλου είναι 18 cm^2 .

Απάντηση:

α. Στο σχήμα έχουμε σημαδέψει το σημείο A. Είναι το σημείο που αρχίζει η στήλη του υδραργύρου στην αριστερή πλευρά του στενού σωλήνα. Από την υδροστατική είναι γνωστό ότι η πίεση που ασκείται και στις μια πλευρά του υδραργύρου, σημείο A, και στην άλλη, σημείο B, θα είναι ίσες. Η απόλυτη πίεση του υδραργύρου στο B (που προφανώς προέρχεται μόνο από το επάνω μέρος) ισούται με την ατμοσφαιρική συν την υδροστατική. Δηλαδή θα είναι $1\text{atm} + 38 \text{ cm}$ στήλης Hg. Άρα τόση θα είναι η πίεση και στο A, που φυσικά όλη προέρχεται από την πίεση του αερίου. Αυτή είναι και η ζητούμενη πίεση.

Αν συμβουλευτούμε τον πίνακα του σχολικού βιβλίου στη σελίδα 63, μπορούμε να μετατρέψουμε την πίεση 1atm και 38 cm στήλης Hg, όλα σε cm στήλης Hg. Από τον πίνακα βλέπουμε ότι 1atm είναι ίση με 760 mm στήλης Hg, δηλαδή 76 cm στήλης Hg. Άρα όλη η (απόλυτη) πίεση του αερίου θα είναι $38 + 76 = 114 \text{ cm}$ στήλης Hg.

β. Το μανόμετρο μέσα στον κύλινδρο θα έδειχνε την μανομετρική πίεση και όχι την απόλυτη, άρα από τα 114 cm στήλης Hg πρέπει να αφαιρέσουμε τα 76 cm στήλης Hg, που αντιστοιχούν σε μια ατμόσφαιρα. Επομένως μένει ως μανομετρική πίεση 38 cm στήλης Hg ή 380 mm στήλης Hg. Από τον σχετικό πίνακα μπορούμε να μετατρέψουμε αυτή την τιμή σε psi, που είναι πιο συνηθισμένο στα μανόμετρα. $380 \times 0,0193 = 7,334 \text{ psi}$.

γ. Το έμβολο φυσικά ισορροπεί. Από την αριστερή πλευρά του ασκείται η πίεση από την ατμόσφαιρα (ατμοσφαιρική πίεση που είναι ίση με 76 cm στήλης Hg) συν πίεση (P) λόγω της δύναμης F . Από δεξιά είναι μόνο η πίεση στον κύλινδρο που υπολογίσαμε πριν σε 114 cm στήλης Hg. Άρα υπάρχει η εξίσωση:

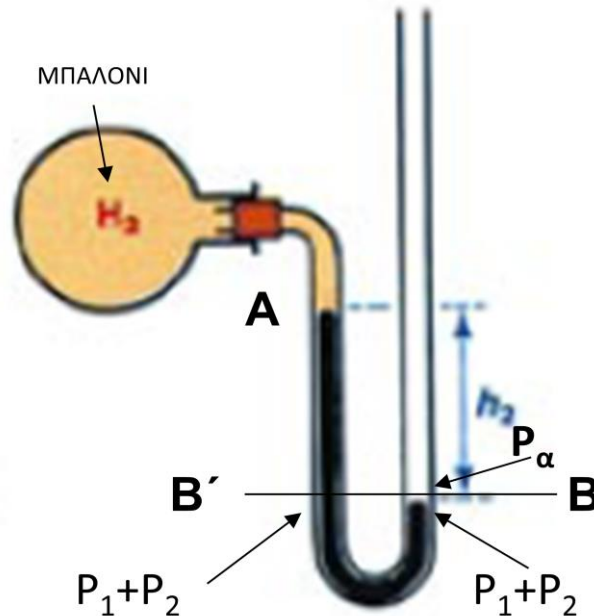
$$76 \text{ cm στήλης Hg} + P = 114 \text{ cm στήλης Hg} \Rightarrow P = 38 \text{ cm στήλης Hg}$$

Για τον υπολογισμό της δύναμης F θα μετατρέψουμε την πίεση που βρήκαμε (7,334 psi) σε μονάδες at ή διαφορετικά kp/cm^2 . Θα χρησιμοποιήσουμε φυσικά τον γνωστό πίνακα και έχουμε: $7,334 \times 0,07031 = 0,51565 \text{ kp/cm}^2$. Τώρα θα χρησιμοποιήσουμε τον τύπο από τον ορισμό της πίεσης για να βρούμε την δύναμη:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P \times A \Rightarrow F = 0,51565 \text{ kp/cm}^2 \times 18 \text{ cm}^2 \Rightarrow F = 9,28 \text{ kp}$$

Επομένως η ζητούμενη τιμή για τη δύναμη είναι 9,28 kp.

9. Στο επόμενο σχήμα έχουμε υδρογόνο σε ένα μπαλόνι, καθώς και σε ένα τμήμα του σωλήνα που επικοινωνεί με το χώρο του μπαλονιού. Στη θέση του σχήματος, η υψομετρική διαφορά h_2 ισούται με 240 mm. Η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με 0,95 atm.
- α. Ποια είναι η απόλυτη πίεση του υδρογόνου στη θέση του σχήματος;
 β. Τι θα μας έδειχνε ένα κενόμετρο για την πίεση του υδρογόνου;
 Η άσκηση εννοεί ότι στο σωλήνα υπάρχει υδράργυρος.



Απάντηση:

α. Έχουμε βάλει στο σχήμα τα σημεία A και B στα δυο άκρα του υδραργύρου. Το σημείο B' είναι στην αριστερή πλευρά του σωλήνα και στο ίδιο ύψος με το B. Όλο το σύστημα ισορροπεί. Αυτό σημαίνει ότι αν θεωρήσουμε οποιοδήποτε σημείο, οι δυνάμεις θα έχουν άθροισμα μηδέν. Το ίδιο φυσικά θα ισχύει και για τις πιέσεις.

Παίρνουμε την ισορροπία του σημείου B. Η πίεση P_a στο επάνω μέρος του B, προφανώς είναι ίση με την ατμοσφαιρική, δηλαδή 0,95 atm. Το ίδιο θα είναι και από το κάτω μέρος του.

Θεωρούμε τώρα το σημείο B'. Εκεί η πίεση στο επάνω μέρος οφείλεται αφ' ενός στον υδράργυρο (που βρίσκεται προς τα επάνω) και αφ' εταίρου στο υδρογόνο. Ο υδράργυρος που βρίσκεται κάτω από το επίπεδο B-B' δεν συνεισφέρει στην πίεση, παρά μόνο εξισορροπεί την πίεση από το επάνω μέρος του B', άρα εκεί η πίεση θα ισούται με P_a . Ο υδράργυρος από το B' μέχρι το A, και αφού το h_2 ισούται με 240 mm, δημιουργεί πίεση που θα είναι $P_1 = 240$ mm στήλης Hg. Σε αυτήν θα πρέπει να προσθέσουμε και την πίεση P_2 από το υδρογόνο στο μπαλόνι. Σύμφωνα με αυτά που είπαμε θα ισχύει η εξίσωση (αφού η πίεση κάτω από το B θα ισούται με τη πίεση κάτω από το B'):

$$P_a = P_1 + P_2$$

Άγνωστη είναι η πίεση P_2 του υδρογόνου. Αυτή είναι και εκείνη που ζητείται. Αν επιλέξουμε ως μονάδα πιέσεων τα Torr ή αλλιώς mm στήλης Hg θα πρέπει να μετατρέψουμε τις 0,95 atm σε Torr. Από τον πίνακα της σελίδας 63 βρίσκουμε τον συντελεστή μετατροπής ότι είναι 760, και κάνουμε την αλλαγή στη μονάδα μέτρησης:

$$P_a = 760 \times 0,95 \text{ atm} = 722 \text{ Torr}$$

Αφού κάναμε αυτή τη μετατροπή, μπορούμε τώρα να λύσουμε την πρώτη εξίσωση ως προς P_2 :

$$P_a = P_1 + P_2 \Rightarrow P_2 = P_a - P_1 \Rightarrow P_2 = 722 \text{ Torr} - 240 \text{ Torr} \Rightarrow P_2 = 482 \text{ Torr}$$

Η πίεση των 482 Torr που βρήκαμε είναι η απόλυτη πίεση στο μπαλόνι. Αυτό σημαίνει βέβαια ότι η πίεση στο μπαλόνι είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική.

β. Ερχόμαστε τώρα στο δεύτερο ερώτημα. Πρέπει να θυμηθούμε ότι τα κενόμετρα δεν μετρούν την απόλυτη πίεση αλλά τη μανομετρική. Το καταλαβαίνουμε άλλωστε από το ότι στην ατμοσφαιρική πίεση ο δείκτης τους είναι στο μηδέν. Τα κενόμετρα το πιο πιθανό είναι να

μετρούν την πίεση σε ίντσες (in) στήλης Hg. Σε αυτές τις μονάδες θα δώσουμε και την απάντησή μας εδώ. Πρέπει πρώτα να μετατρέψουμε τα 482 Torr σε in στήλης Hg. Από το γνωστό πίνακα ο συντελεστής μετατροπής βρίσκεται ότι είναι 0,0394, οπότε τα 482 Torr είναι ίσα με $0,0394 \times 482 = 19$ in στήλης Hg.

Επειδή θα χρειαστεί, θα μετατρέψουμε και την ατμοσφαιρική πίεση με τον ίδιο τρόπο από Torr σε in στήλης Hg. Έτσι θα είναι τα 722 Torr ίσα με $0,0394 \times 722 \approx 28,5$ in στήλης Hg.

Θα χρησιμοποιήσουμε τώρα τον τύπο των πιέσεων που βρίσκεται στη σελίδα 61 του βιβλίου: Απόλυτη πίεση = Μανομετρική πίεση + Ατμοσφαιρική πίεση.

Σε αυτό τον τύπο θα αντικαταστήσουμε τα νούμερα που βρήκαμε και θα βρούμε την ένδειξη του κενόμετρου:

$$19 \text{ in στήλης Hg} = \text{Μανομετρική πίεση} + 28,5 \text{ in στήλης Hg} \Rightarrow$$

$$\text{Μανομετρική πίεση} = 19 \text{ in στήλης Hg} - 28,5 \text{ in στήλης Hg} \Rightarrow$$

$$\text{Μανομετρική πίεση} = -9,5 \text{ in στήλης Hg}$$

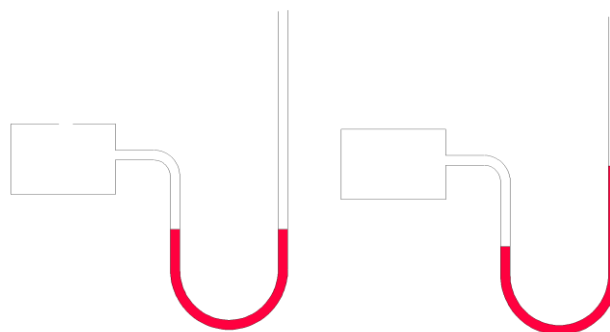
Επομένως το κενόμετρο θα μας δείξει πίεση 9,5 in στήλης Hg (και ασφαλώς θα είναι κάτω από το μηδέν).

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Θα κάνουμε μια μικρή διερεύνηση στην άσκηση αυτή.

Θα νόμιζε, λανθασμένα, κάποιος ότι αρχικά (πριν φτάσουμε στο σχήμα της άσκησης) κάποιος άσκησε πίεση στη δεξιά πλευρά του σωλήνα με αποτέλεσμα να ωθήσει ο υδράργυρος το υδρογόνο προς το μπαλόνι. Προφανώς τότε το υδρογόνο στο μπαλόνι θα είχε μεγαλύτερη πίεση από την ατμοσφαιρική. Όμως στο σχήμα δε φαίνεται να ασκείται πλέον μια τέτοια πίεση, διότι η μεγαλύτερη πίεση που θα υπήρχε θα επανέφερε το σύστημα σε ισορροπία. Άρα έγινε το πείραμα με διαφορετικό τρόπο. Κατ' αρχάς να πούμε ότι δεν έχει καμιά σημασία που το αέριο είναι υδρογόνο. Θα μπορούσε κάλλιστα να είναι αέρας. Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι είναι αέρας και το μπαλόνι είναι απλά ένα δοχείο, από το οποίο μπορούμε να αφαιρούμε αέρα.

Αν το δοχείο ήταν ανοιχτό από το επάνω μέρος και βάζαμε στο σωλήνα τον υγρό υδράργυρο αυτός θα ισορροπούσε ώστε τα δυο άνω άκρα του να είναι στο ίδιο επίπεδο (σχήμα 1). Αν κλείσουμε την τρύπα στο επάνω μέρος του δοχείου και προσθέσουμε υδράργυρο στον κατακόρυφο σωλήνα στα δεξιά, τότε ο υδράργυρος θα σπρώχνει συμπιέζοντας τον αέρα στο δοχείο και θα του αυξήσει την πίεση. Όταν ισορροπήσει, στη δεξιά πλευρά του σωλήνα η στάθμη θα είναι υψηλότερα από ό,τι αριστερά (σχήμα 2). Αυτό θα οφείλεται στο ότι η πίεση του δοχείου είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική.



Σχήμα 1

Σχήμα 2

Για να μπορέσουμε να κάνουμε τον υδράργυρο να ανέβει στην αριστερή πλευρά του σωλήνα, θα πρέπει να βάλουμε μια ποσότητα υδραργύρου (σχήμα 1) και μετά να αναρροφήσουμε από το δοχείο τον αέρα. Έτσι λόγω της υποπίεσης στο δοχείο, η στάθμη του υδραργύρου στην αριστερή πλευρά του σωλήνα θα ανέλθει. Έτσι μπορεί να δημιουργηθεί η εικόνα που μας παρουσιάζει η άσκηση.

10. Αναζήτησε στοιχεία για την ιστορία των ατμομηχανών και βρες πως οι πρώτες ατμομηχανές οδήγησαν την ανθρώπινη σκέψη στο Β' Θερμοδυναμικό αξίωμα.

Απάντηση:

Το Β΄ θερμοδυναμικό αξίωμα έχει αρκετές εκφράσεις, αλλά στο σχολικό βιβλίο δίνεται μόνο μία: για να λειτουργήσει μια θερμική μηχανή που να μετατρέπει τη θερμότητα σε έργο πρέπει να παρέχει θερμότητα προς μια δεξαμενή χαμηλότερης θερμοκρασίας. Μια ατμομηχανή έχει νερό σε ένα λέβητα που το ζεσταίνει ώστε να αρχίσει να βράζει. Μια βαλβίδα δεν αφήνει τον ατμό να φύγει, παρά μόνο όταν αποκτήσει μεγάλη πίεση ο ατμός που είναι στην επιφάνεια του νερού. Όταν γίνει αυτό, ο ατμός οδηγείται σε ένα στρόβιλο για την παραγωγή της ενέργειας. Μετά ο ατμός που έχει βοηθήσει τον στρόβιλο να περιστραφεί για να παραχθεί η ενέργεια, πρέπει να επιστρέψει στο λέβητα. Όμως ο ατμός έχει πλέον χαμηλή πίεση και δεν μπορεί από μόνος του να μπει στο λέβητα που έχει μεγάλη πίεση. Γι αυτό χρειάζεται να ελαττωθεί ο όγκος του. Άρα πρέπει να ψυχθεί μέχρι να γίνει νερό. Όταν γίνει νερό αποκτά πολύ μικρό όγκο και μια αντλία τον σπρώχνει στο λέβητα. Άρα πρέπει να υπάρχει μια μηχανή που θα ψύξει τον ατμό. Αυτό ακριβώς είναι το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα στην έκφραση που παρουσιάζει το βιβλίο.

11. Για να θερμάνουμε το νερό ενός δοχείου τοποθετούμε συχνά το δοχείο πάνω σε μια πλάκα της ηλεκτρικής κουζίνας. Αν επιθυμούμε να ψύξουμε το νερό του δοχείου, πόσο αποτελεσματικό θα ήταν να τοποθετήσουμε το δοχείο πάνω σε μια κολώνα πάγου;

Απάντηση:

Αν θέλουμε να θερμάνουμε το δοχείο στην εστία της ηλεκτρικής κουζίνας, η θερμοκρασία της εστίας θα είναι περίπου 300 βαθμούς Κελσίου, ενώ το νερό στο δοχείο θα είναι αρχικά περίπου 20 βαθμούς και όταν βράσει θα είναι 100 βαθμούς. Αυτό σημαίνει ότι η θερμοκρασιακή διαφορά του νερού από την πλάκα θα είναι πάνω από 200 βαθμούς. Μια κολώνα πάγου δεν μπορεί να έχει πολύ χαμηλή θερμοκρασία στις συνήθεις διαδικασίες. Θα έχει $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ή $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Αυτό σημαίνει ότι η διαφορά του από τη θερμοκρασία των $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ θα είναι το πολύ $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Είναι γνωστό ότι στη μετάδοση θερμότητας σημαντικός παράγοντας είναι η διαφορά θερμοκρασίας των σωμάτων που έρχονται σε επαφή. Καταλαβαίνουμε ότι στην περίπτωση που θερμαίνεται το νερό η διαφορά αυτή θα είναι τουλάχιστον πέντε φορές μεγαλύτερη απ' όταν θα θέλουμε να ψυχθεί. Άρα η ψύξη του θα είναι πολύ πιο δύσκολη.

12. Ο χυμός του πορτοκαλιού που στύσαμε είναι πολύ ζεστός για να τον πιείτε. Έχετε όμως μια παγοθήκη, όπου συνυπάρχουν παγάκια και νερό στην ίδια θερμοκρασία. Για να κρυσώσει ο χυμός, τι θα ήταν καλύτερο, να προσθέσετε στο ποτήρι με το χυμό ένα παγάκι ή νερό ίσης μάζας με το παγάκι από τη παγοθήκη;

Απάντηση:

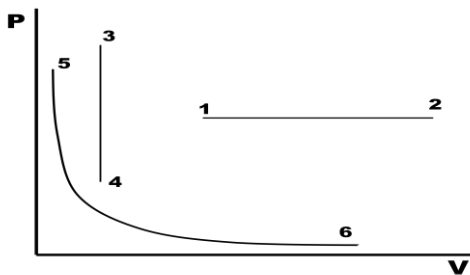
Όπως λέει η εκφώνηση, το παγάκι και το νερό έχουν την ίδια θερμοκρασία. Αν υποθέσουμε ότι το νερό, που μάλλον θα έχει θερμοκρασία $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, μέχρι να αποχτήσει τη θερμοκρασία του χυμού (την μειωμένη, λόγω της ψύξης που θα του προκαλέσει) θα αποδώσει Α ποσόν θερμότητας. Αυτή η θερμότητα είναι όλη αισθητή, διότι δεν άλλαξε φάση το νερό.

Το παγάκι, που έχει ίση μάζα με το νερό και θερμοκρασία $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, θα πρέπει πρώτα να λιώσει (παίρνοντας λανθάνουσα θερμότητα από το χυμό) μέχρι τη θερμοκρασία των $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ και μετά να ανέβει και στη θερμοκρασία του χυμού (παίρνοντας αισθητή θερμότητα από το χυμό). Η αισθητή θερμότητα που θα πάρει θα είναι σχεδόν ίση με την θερμότητα που πήρε πριν το σκέτο νερό. Θα πάρει όμως και τη λανθάνουσα θερμότητα από το χυμό.

Άρα στην περίπτωση που πάρουμε παγάκι και όχι νερό θα έχουμε πολύ καλύτερη ψύξη του χυμού, αφού σε αυτή την περίπτωση εκμεταλλευόμαστε και τη λανθάνουσα θερμότητα, που είναι αρκετά μεγαλύτερη από την αισθητή.

Κεφάλαιο 3**3.1. Ερωτήσεις - Ασκήσεις**

1. Ποιος είναι ο λόγος που χρησιμοποιείται στη θερμοδυναμική το μοντέλο του τέλει αερίου; 80
2. Ποιο θεωρείται τέλει αέριο από μακροσκοπική άποψη; 80
3. Ποια μαθηματική σχέση ακολουθούν τα τέλεια αέρια; Να ορίσετε κάθε μέγεθος που εμφανίζεται σε αυτόν. 80
4. Ποια πραγματικά αέρια και σε ποιες συνθήκες συμπεριφέρονται σαν τέλεια αέρια; 80
5. Από ποια μεγέθη καθορίζεται η κατάσταση ενός αερίου; 81
6. Ποια μεταβολή ονομάζεται ισόογκη; Με ποια διαδικασία μπορούμε να κάνουμε μια τέτοια μεταβολή; 82
7. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνονται τρεις απλές μεταβολές (1→2, 3→4 και 5→6), που είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Να ονομάσετε κάθε μία λεπτομερώς (πχ. Ισόθλιπτη θέρμανση).



8. Ποια σχέση ισχύει στην ισόογκη μεταβολή; Πως μεταβάλλεται η πίεση σε αυτήν, σε σχέση με τη θερμοκρασία; 82
9. Πως εφαρμόζεται το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα στην ισόογκη μεταβολή; Η θερμότητα που προσδίνουμε σε μια ισόογκη θέρμανση πως μεταβάλλει την εσωτερική ενέργεια του αερίου; Παράγεται έργο σε αυτήν; 83
10. Ποια μεταβολή ονομάζεται ισόθλιπτη; Με ποια διαδικασία μπορούμε να κάνουμε μια τέτοια μεταβολή; 83
11. Ποια σχέση ισχύει στην ισόθλιπτη μεταβολή; Πως μεταβάλλεται ο όγκος σε αυτήν σε σχέση με τη θερμοκρασία; 84
12. Η θερμότητα που συναλλάσσει το σύστημα σε μια ισόθλιπτη μεταβολή, με τη μεταβολή τίνος άλλου θερμοδυναμικού μεγέθους είναι ίση; 85
13. Ποια μεταβολή ονομάζεται ισοθερμοκρασιακή; Με ποια διαδικασία μπορούμε να κάνουμε μια τέτοια μεταβολή; 85, 86
14. Ποια σχέση ισχύει στην ισοθερμοκρασιακή μεταβολή; Πως μεταβάλλεται ο όγκος σε αυτήν σε σχέση με την πίεση; 86
15. Ποια μεταβολή ονομάζεται αδιαβατική; 86
16. Να αναφέρετε μια μεταβολή που να πλησιάζει την αδιαβατική. Να εξηγήσετε γιατί μπορούμε να θεωρήσουμε κατά προσέγγιση αυτή τη μεταβολή αδιαβατική. 87
17. Το έργο που συναλλάσσεται με το περιβάλλον σε μια αδιαβατική μεταβολή σε ένα ανοιχτό σύστημα, με τη μεταβολή τίνος άλλου θερμοδυναμικού μεγέθους του συστήματος είναι ίσο; 87
18. Τι ονομάζεται στραγγαλισμός αερίου και με ποιους τρόπους επιτυγχάνεται αυτός; 87, 88
19. Τι ονομάζεται κυκλική μεταβολή ή κύκλος; 89
20. Γιατί η εσωτερική ενέργεια σε μια κυκλική μεταβολή μένει ίδια; 90

21. Να διατυπώσετε το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα σε μια κυκλική μεταβολή (τύπος και περιγραφή). 90
22. Πως θα καταλάβουμε αν ένας κύκλος είναι θερμικός ή ψυκτικός από το διάγραμμά του; 90
23. Ποια είναι η χρησιμότητα του κύκλου του Carnot (Καρνό); 91
24. Από ποια σχέση δίνεται ο βαθμός απόδοσης μιας μηχανής που λειτουργεί με τον κύκλο Καρνό; Να εξηγήσετε κάθε μέγεθος σε αυτόν. 91
25. Ποιες είναι οι τέσσερις μεταβολές που περιλαμβάνει ο κύκλος Καρνό; 92
26. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:
1. Κατά τον στραγγαλισμό ενός αερίου παίρνουμε έργο. 88
 2. Ο στραγγαλισμός είναι μια μεταβολή που θεωρείται ισενθαλπική. 89
 3. Στην αδιαβατική μεταβολή δεν συναλλάσσεται θερμότητα με το περιβάλλον. 86
 4. Όταν ο χρόνος μιας συμπίεσης είναι μικρός τότε η μεταβολή θεωρείται αδιαβατική. 87
 5. Στην ισοθερμοκρασιακή μεταβολή ο όγκος μεταβάλλεται ανάλογα με τη μεταβολή της πίεσης. 86
 6. Σε μια ισοθερμοκρασιακή συμπίεση πρέπει να προσδίνουμε στο αέριο συνεχώς θερμότητα για να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία. 85
 7. Στην ισόογκη μεταβολή δεν παράγεται έργο. 83
 8. Στο διάγραμμα πίεσης-όγκου η ισοθερμοκρασιακή μεταβολή παριστάνεται με μια οριζόντια ευθεία. 85
 9. Στους τύπους των τελείων αερίων πρέπει η θερμοκρασία να είναι η απόλυτη και ποτέ σε βαθμούς Κελσίου.
 10. Για να προσδιορίσουμε ένα σημείο στο διάγραμμα πίεσης-όγκου για την κατάσταση ενός αερίου, χρειαζόμαστε οπωσδήποτε τις τιμές της πίεσης, της θερμοκρασίας και του όγκου.
 11. Ο κύκλος Καρνό περιλαμβάνει μεταξύ των άλλων και μια ισόθλιπτη θέρμανση. 92
 12. Για τα τέλεια αέρια ισχύει η σχέση: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$.
27. Να αντιστοιχίσετε τις έννοιες με τους τύπους:

Βαθμός απόδοσης κύκλου Καρνό	1	α	$P_1/P_2 = T_1/T_2$
Κυκλική μεταβολή	2	β	$T_1/T_2 = V_1/V_2$
Ισοθερμοκρασιακή μεταβολή	3	γ	$Q=0$
Ισόθλιπτη μεταβολή	4	δ	$\eta = 1 - T_2/T_1$
Ισόογκη μεταβολή	5	ϵ	$Q=W$
Αδιαβατική μεταβολή	6	ζ	$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$

Απάντηση:

1δ, 2-ε, 3-ζ, 4-β, 5-α και 6-γ.

28. Σε ένα μεγάλο δοχείο όγκου 100 λίτρων βρίσκεται αέρας σε ατμοσφαιρική πίεση (1bar). Έχει θερμοκρασία ίση με 27 °C. Αν θεωρήσουμε ότι είναι τέλειο αέριο ο αέρας στο δοχείο, να υπολογίσετε τη μάζα του, αν γνωρίζετε ότι $R=287 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ (το R είναι ο χαρακτηριστικός αριθμός της εξίσωσης). Αν θερμάνουμε το δοχείο μέχρι τη θερμοκρασία των 127 °C να βρείτε τη νέα πίεση στο δοχείο.

Απάντηση:

Εδώ θα πούμε δυο λόγια για την εξίσωση (3.1) στη σελίδα 80 του σχολικού βιβλίου, η οποία ονομάζεται καταστατική εξίσωση των τελείων αερίων. Όμως συνήθως εμφανίζεται με άλλη μορφή στη βιβλιογραφία, η οποία όμως έχει και δυο όρους από τη χημεία, στους οποίους δεν είστε εξοικειωμένοι και δε θα πούμε πολλά. Η μορφή είναι: $P \times V = n \times R \times T$, όπου όλα είναι ίδια με του βιβλίου εκτός από το n και το R. Ο αριθμός n είναι ο αριθμός των γραμμομορίων του αερίου. Από τη χημεία είναι γνωστό ότι ο αριθμός των γραμμομορίων είναι ίσος με το

πηλίκιο της ολικής μάζας του αερίου προς το μοριακό βάρος του: $n = \frac{m}{M}$. Η σταθερά R έχει άλλο νόημα και ονομάζεται (παγκόσμια) σταθερά των τελείων αερίων. Είναι ένας αριθμός με τιμή ίδια για όλα τα αέρια και μονάδες στο διεθνές σύστημα: $R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

Εμείς όμως θα λύσουμε την άσκηση με τα δεδομένα του σχολικού βιβλίου. Δηλαδή θα μετατρέψουμε όλα τα μεγέθη του τύπου σε μονάδες από το διεθνές σύστημα και θα λύσουμε ως προς τη μάζα.

Πίεση: $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Θερμοκρασία: $T_1 = 27^\circ\text{C} = 27 + 273 = 300 \text{ K}$ και $T_2 = 127^\circ\text{C} = 127 + 273 = 400 \text{ K}$

Όγκος: $100 \text{ lt} = 0,1 \text{ m}^3$ (αφού είναι γνωστό ότι σε ένα κυβικό μέτρο, m^3 , περιέχονται 1000 λίτρα).

Τώρα εργαζόμενοι στο διεθνές σύστημα θα βρούμε τη μάζα σε χιλιόγραμμα (kg):

$$P \times V = m \times R \times T \Rightarrow m = \frac{P \times V}{R \times T} \Rightarrow m = \frac{10^5 \times 0,1}{287 \times 300} \Rightarrow m = 0,116 \text{ kg} = 116 \text{ gr}$$

Επομένως ο αέρας στο δοχείο έχει αρχικά μάζα 116 γραμμάρια.

Κατόπιν (σύμφωνα με την εκφώνηση της άσκησης) θερμαίνουμε τον αέρα στους 400 K και θα βρούμε από την καταστατική εξίσωση τη νέα πίεση (η μάζα μένει ίδια με πριν):

$$P \times V = m \times R \times T \Rightarrow P = \frac{m \times R \times T}{V} \Rightarrow P = \frac{0,116 \times 287 \times 400}{0,1} \Rightarrow P = 133168 \text{ Pa} = 1,33 \text{ bar}$$

Άρα η νέα πίεση θα είναι 1,33 bar.

Εννοείται ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και τον τύπο για την ισόογκη μεταβολή:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow P_2 \cdot T_1 = P_1 \cdot T_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \cdot T_2}{T_1} \Rightarrow P_2 = \frac{1 \text{ bar} \cdot 400 \text{ K}}{300 \text{ K}} \Rightarrow P_2 = 1,33 \text{ bar}$$

Προφανώς βρήκαμε το ίδιο με πριν αποτέλεσμα.

29. Σε ένα κύλινδρο με έμβολο στο επάνω μέρος, όγκου 10 λίτρων βρίσκεται αέρας σε ατμοσφαιρική πίεση. Έχει θερμοκρασία ίση με 27°C . Το έμβολο ισορροπεί εκεί. Αν θερμάνουμε το δοχείο υπό σταθερό όγκο μέχρι τη θερμοκρασία των 127°C να βρείτε το νέο όγκο του δοχείου. Θεωρήστε ότι ο αέρας είναι τέλειο αέριο και το έμβολο μετακινείται έτσι ώστε να μην αλλάζει η πίεση στο εσωτερικό του κυλίνδρου. Να αποτυπώσετε αυτή τη μεταβολή σε διάγραμμα πίεσης – όγκου.

Απάντηση:

Αφού η θέρμανση είναι με σταθερή πίεση θα ισχύει ο τύπος για την ισόθλιπτη μεταβολή:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

Θα λύσουμε αυτό τον τύπο ως προς τον άγνωστο όγκο V_2 . Θα μετατρέψουμε όμως πρώτα τους βαθμούς Κελσίου σε μονάδες Κέλβιν:

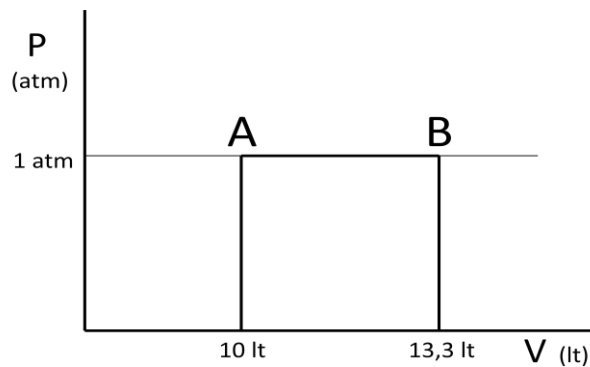
$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 27 + 273 = 300 \text{ K} \text{ και } T_2 = 127^\circ\text{C} = 127 + 273 = 400 \text{ K}$$

Εδώ δεν χρειάζεται να μετατρέψουμε τα λίτρα σε κυβικά μέτρα γιατί θα βρούμε τον όγκο σε λίτρα.

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_2 \cdot T_1 = V_1 \cdot T_2 \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = \frac{10 \text{ lt} \cdot 400 \text{ K}}{300 \text{ K}} \Rightarrow V_2 = 13,3 \text{ lt}$$

Άρα ο νέος όγκος θα είναι 13,3 λίτρα.

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η μεταβολή στο διάγραμμα P-V.



Η μεταβολή είναι από την αρχική κατάσταση A στην τελική B, και φυσικά παριστάνεται με μια οριζόντια ευθεία γραμμή, αφού στον κατακόρυφο άξονα είναι η πίεση P και μένει σταθερή.

30. Έχουμε ένα κύλινδρο που έχει όγκο 2 λίτρα, με έμβολο στο επάνω μέρος του, ο οποίος περιέχει αέρα με πίεση 2 bar και θερμοκρασία ίση με 30 °C. Τραβάμε το έμβολο προς τα επάνω ώστε ο όγκος να διπλασιαστεί.

- 1) Αν θεωρήσετε την μεταβολή ως αδιαβατική και ότι δεν γίνεται με μεγάλη ταχύτητα, πως θα έχει μεταβληθεί η θερμοκρασία και η πίεση του αέρα στον κύλινδρο;
- 2) Αν μετά τη μεταβολή αφήσουμε το σύστημα αρκετή ώρα μέχρι η θερμοκρασία να επανέλθει στους 30 °C, με συναλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον, ποια θα είναι η νέα πίεση;
- 3) Στο ίδιο διάγραμμα P-V να σχεδιάσετε κατά προσέγγιση τις δυο μεταβολές.

Απάντηση:

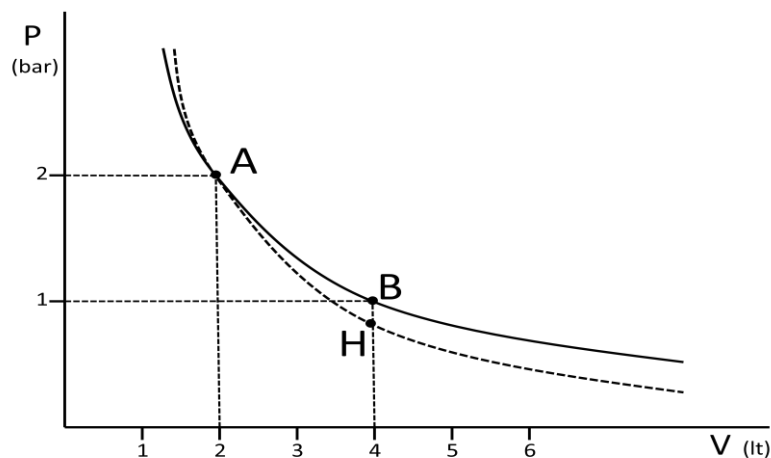
- 1) Η μεταβολή έχει σαν αποτέλεσμα να αυξηθεί ο όγκος στον οποίο βρίσκεται το αέριο. Αυτό σημαίνει ότι αν δεν προσδώσουμε θερμότητα στο αέριο του κυλίνδρου, η πίεση θα μειωθεί. Αφού όμως η μεταβολή ουσιαστικά αποτελεί εκτόνωση του αερίου, θα μειωθεί και η θερμοκρασία του (το αντίθετο συμβαίνει στη συμπίεση). Άρα έχουμε μείωση και της πίεσης και της θερμοκρασίας.
- 2) Όταν θα επανέλθει στην αρχική θερμοκρασία, θα είναι σα να έχουμε μια ισοθερμοκρασιακή μεταβολή. Θα ισχύει επομένως ο τύπος: $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$

Σε αυτή τη σχέση έχουμε ότι: $P_1=2$ bar, $V_1=2$ lt και $V_2=4$ lt. Λύνουμε τη σχέση ως προς τον άγνωστο P_2 :

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_2} \Rightarrow P_2 = \frac{2\text{bar} \cdot 2\text{lt}}{4\text{lt}} \Rightarrow P_2 = 1\text{bar}$$

Βρήκαμε ότι η τελική πίεση θα είναι 1 bar.

- 3) Να δούμε τι βλέπουμε στο επόμενο διάγραμμα, που είναι το ζητούμενο.



Αρχικά βρίσκουμε το αρχικό σημείο A (πίεση 2 bar, όγκος 2 lt) και το τελικό B (πίεση 1 bar, όγκος 4 lt) της ισοθερμοκρασιακής και κάνουμε την καμπύλη A-B με τη συνεχή γραμμή. Η

γραμμή αυτή σχεδιάστηκε πρόχειρα. Την προεκτείνουμε λίγο πιο πάνω και πιο κάτω για να φαίνεται καλύτερα.

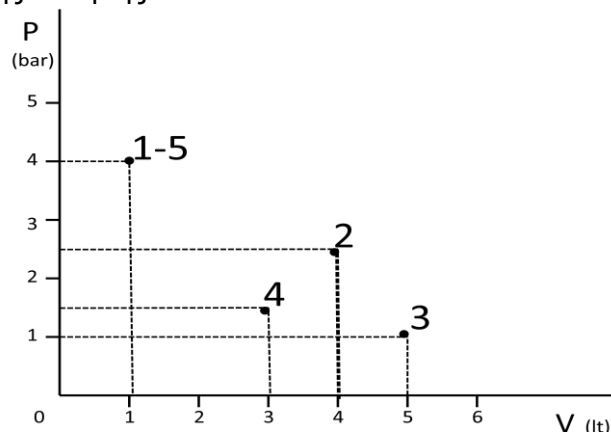
Η αδιαβατική καμπύλη (με τη διακεκομμένη γραμμή) θα έχει ως αρχικό σημείο το Α (ίδιο με το προηγούμενο) και τελικό το Η στο οποίο ο όγκος θα είναι 4 λίτρα (όπως και πριν) αλλά στο σημείο αυτό είπαμε ότι η θερμοκρασία θα είναι μικρότερη από εκείνη που θα είχαμε στην ισοθερμοκρασιακή μεταβολή. Αφού η θερμοκρασία θα είναι μικρότερη, θα είναι μικρότερη και η πίεση στο σημείο αυτό. Άρα το σημείο Η θα βρίσκεται πιο κάτω από το Β. Γι αυτό το Η έχει τοποθετηθεί λίγο πιο κάτω από το Β. Προεκτείναμε και αυτή την καμπύλη προς τις δυο μεριές.

31. Έχουμε ένα αέριο (κατάσταση 1) σε ένα κύλινδρο με ένα έμβολο να μπορεί να μετακινείται όπως εμείς θέλουμε. Το αέριο έχει θερμοκρασία 700 °C και όγκο 1 lt.

- Αρχικά κάνουμε μια ισοθερμοκρασιακή εκτόνωση μέχρι όγκο 2 lt (κατάσταση 2).
 - Στη συνέχεια κάνουμε μια αδιαβατική εκτόνωση μέχρι τον όγκο 2,5 lt και παρατηρούμε την θερμοκρασία να έχει μειωθεί στους 200 °C (κατάσταση 3).
 - Επειδή η πίεση έχει πέσει αρκετά κάνουμε μια ισοθερμοκρασιακή συμπίεση μέχρι όγκο 1,5 lt (κατάσταση 4).
 - Τέλος κάνουμε άλλη μια αδιαβατική συμπίεση μέχρι το αέριο να θερμανθεί στους 700 °C και παρατηρούμε ότι ο όγκος του αερίου είναι 1 lt (κατάσταση 5).
- A. Να κάνετε ένα διάγραμμα P-V στο οποίο να φαίνονται οι προηγούμενες μεταβολές.
 B. Μπορείτε να αναγνωρίσετε το όνομα που θα έχει το σύνολο των μεταβολών αυτών;
 C. Πιστεύετε ότι εδώ πρόκειται για μια ψυκτική μηχανή ή για μια θερμική και γιατί;
 D. Πιστεύετε ότι στο σύνολο των παραπάνω μεταβολών πήραμε κάποιο έργο ή δώσαμε; Αν πήραμε, μπορείτε να βρείτε τον βαθμό απόδοσης της μηχανής;

Απάντηση:

A. Για να κάνουμε το διάγραμμα πρέπει να δώσουμε προσοχή στις διαδοχικές μεταβολές που περιγράφονται στην άσκηση. Αρχικά θα σκεφτούμε πως θα βρούμε το ένα σημείο μετά το άλλο σε ένα διάγραμμα πίεσης – όγκου. Φανταστείτε ότι έχετε τους δυο άξονες: τον κατακόρυφο που είναι για την πίεση, και έχουμε βάλει ορισμένες τιμές με μονάδες τα bar και τον οριζόντιο για την πίεση και έχουμε βάλει ορισμένες τιμές για τον όγκο. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η απεικόνιση των σκέψεων για την κατασκευή του. Οι τιμές στους άξονες είναι άσχετες με τις τιμές της άσκησης.



Στην εκφώνηση μας λέει ότι έχουμε την αρχική κατάσταση (1) και μετά ακολουθούν τέσσερις διαδοχικές μεταβολές. Οι δυο πρώτες είναι εκτονώσεις, που σημαίνει ότι μειώνεται η πίεση του αερίου και ο όγκος αυξάνεται. Άρα το σημείο (1) θα είναι σε τιμές ψηλά για την πίεση και χαμηλά για τον όγκο. Άρα βάζουμε το σημείο (1) επάνω και αριστερά. Ας πούμε τυχαία ότι το βάζουμε σε πίεση 4 bar και όγκο 1 lt.

Η πρώτη μεταβολή είναι ισοθερμοκρασιακή εκτόνωση, άρα η πίεση μειώνεται (ας πούμε ότι πάει στα 2,5 bar) και ο όγκος αυξάνεται (ας πούμε ότι γίνεται 4 lt) έτσι τοποθετούμε το σημείο (2) στο διάγραμμα στη θέση που επιλέξαμε: πιο κάτω και πιο δεξιά από το σημείο (1).

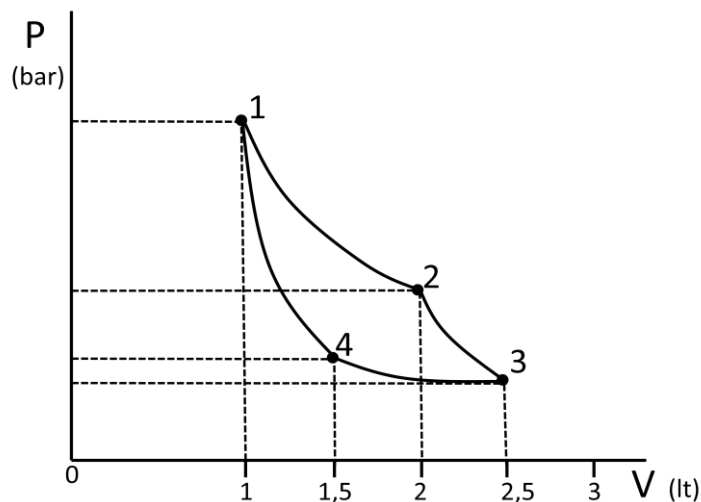
Η δεύτερη μεταβολή είναι αδιαβατική εκτόνωση. Αυτό σημαίνει ότι και πάλι έχουμε μείωση της πίεσης (εκτόνωση) και αύξηση του όγκου (εκτόνωση). Ας υποθέσουμε ότι η πίεση έπεσε στο 1 bar και ο όγκος αυξήθηκε σε 5 lt. Άρα για να φτάσουμε στο σημείο (3) πάμε ακόμα πιο

κάτω (μείωση πίεσης) και πιο δεξιά (αύξηση όγκου). Το τοποθετούμε πάνω στο διάγραμμα. Εδώ πρέπει να προσέξουμε ότι η αδιαβατική μεταβολή πέφτει πιο απότομα προς τα κάτω από την ισοθερμοκρασιακή, όπως εξηγήσαμε στην προηγούμενη άσκηση (30). Άρα αν φανταστούμε την ευθεία από το (1) στο (2) το σημείο (3) θα βρίσκεται λίγο πιο κάτω από την προέκτασή της προς τα δεξιά.

Η τρίτη μεταβολή είναι ισοθερμοκρασιακή συμπίεση. Αυτό σημαίνει γενικά ότι η πίεση θα αυξηθεί και ο όγκος θα μειωθεί. Άρα στο διάγραμμα θα ανεβάσουμε την πίεση από το 1 bar στα 1,5 bar, (προσεγγιστικά). Και θα μειώσουμε τον όγκο, ας πούμε, στα 3 lt. Έτσι προσδιορίζουμε το σημείο (4) πιο αριστερά και πιο πάνω από το (3).

Η τελευταία μεταβολή είναι αδιαβατική συμπίεση. Αφού είναι συμπίεση θα αυξηθεί η πίεση και θα μειωθεί ο όγκος. Εδώ πρέπει να παρατηρήσουμε τις τελικές τιμές θερμοκρασίας και όγκου που δίνει η άσκηση, ότι είναι ίδιες με τις αρχικές (κατάσταση 1). Αυτό σημαίνει ότι έχουμε γυρίσει ξανά στην αρχική κατάσταση του αερίου. Άρα το σημείο (5) ταυτίζεται με το (1).

Με αυτές τις σκέψεις βρίσκουμε τα σημεία του διαγράμματος. Για να το κατασκευάσουμε τώρα με τις τιμές που δίνει η εκφώνηση της άσκησης, κάνουμε ένα άλλο διάγραμμα στο οποίο δεν έχουμε τιμές για την πίεση (δε μας δίνει η άσκηση), οπότε βάζουμε τα σημεία με την προηγούμενη λογική και σύμφωνα με τις τιμές που έχουμε στον οριζόντιο άξονα για τον όγκο. Είπαμε πιο πριν ότι το διάγραμμα θα είναι κλειστό (θα είναι κύκλος) και γνωρίζουμε από τη θεωρία ότι οι ισοθερμοκρασιακές και αδιαβατικές μεταβολές είναι καμπύλες, με τη μορφή που τους δίνουμε στο παρακάτω διάγραμμα.



B. Από τη διαδοχή των συγκεκριμένων μεταβολών (ισοθερμοκρασιακή εκτόνωση, αδιαβατική εκτόνωση, ισοθερμοκρασιακή συμπίεση και αδιαβατική συμπίεση), και από το ότι είναι κύκλος, είναι φανερό ότι πρόκειται για το γνωστό κύκλο Καρνό (Carnot).

C. Ως κύκλος που είναι βλέπουμε ότι η φορά των μεταβολών είναι δεξιόστροφη (δηλαδή πάμε από το 1 στο 2, στο 3, στο 4 και στο 1 ξανά, όπως γυρνάνε οι δείκτες του ρολογιού). Αυτό σημαίνει ότι είναι θερμικός κύκλος. Άλλωστε ο κύκλος Καρνό είναι θερμικός.

D. Είναι γνωστό ότι ο κύκλος Καρνό δίνει έργο, και μάλιστα με τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση για δυο συγκεκριμένες θερμοκρασίες. Άρα ο κύκλος που περιγράφεται δίνει έργο το οποίο θα μπορούσαμε να εκμεταλλευτούμε. Άλλωστε όλοι οι θερμικοί κύκλοι δίνουν έργο, αφού στο επάνω κομμάτι τους με τις εκτονώσεις, δίνουν έργο. Με τη θέρμανση στο τελευταίο τους κομμάτι (που κλείνει ο κύκλος) καταναλώνουν ενέργεια σε μορφή θερμότητας. Εδώ δηλαδή, από το (1) στο (2) και στο (3) πήραμε έργο (εκτονώσεις) ενώ από το (3) στο (4) και μετά στο (1) δώσαμε την θερμική ενέργεια, για να μπορέσει η μηχανή να επανέλθει στο (1) και μετά να μας ξαναδώσει το έργο όπως πριν από το (1) ως το (3).

Ο βαθμός απόδοσης βρίσκεται για τις (φανταστικές) μηχανές που εργάζονται με τον κύκλο Καρνό, από τον τύπο: $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$, όπου $T_1 = 700 \text{ }^\circ\text{C}$ και $T_2 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$. Η θερμοκρασία T_1 είναι η μεγαλύτερη στον κύκλο και η T_2 η μικρότερη (σύμφωνα με τη θεωρία). Να εξηγήσουμε όμως γιατί η θερμοκρασία T_2 είναι η μικρότερη στον κύκλο. Η θερμοκρασία T_2 είναι στο σημείο (3) εκεί που **τελειώνουν** οι εκτονώσεις. Στις εκτονώσεις (αν δεν υπάρχει θέρμανση, και εδώ δεν υπάρχει) η θερμοκρασία μειώνεται (εκτός αν έχουμε μόνο ισοθερμοκρασιακή εκτόνωση που

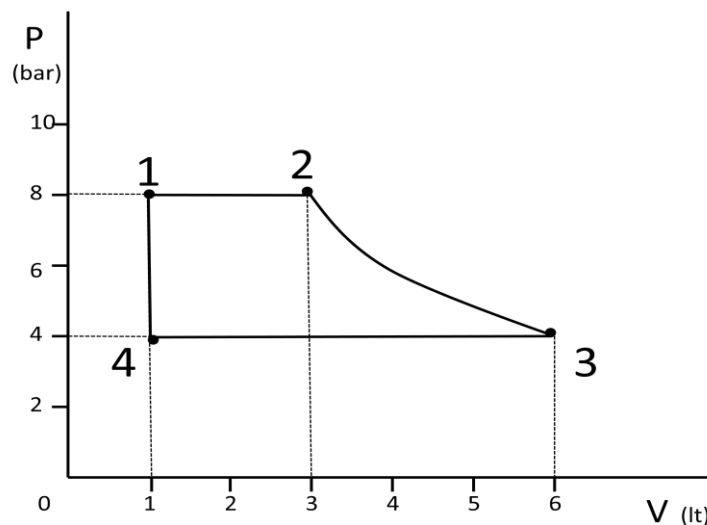
μένει ίδια). Εδώ μετά το σημείο (3) έχουμε μόνο συμπίεσεις και αφού δεν αφαιρείται θερμότητα σημαίνει ότι η θερμοκρασία θα αυξάνεται. Άρα στο σημείο (3) η θερμοκρασία είναι η ελάχιστη σε όλο τον κύκλο. Από αυτά που είπαμε για την T_2 καταλαβαίνουμε ότι η T_1 είναι και η μέγιστη.

Για την εφαρμογή του τύπου πρέπει να γίνει μετατροπή των θερμοκρασιών από βαθμούς Κελσίου σε μονάδες Κέλβιν: $T_1=700\text{ }^\circ\text{C}=700+273=973\text{ K}$. Και $T_2=200\text{ }^\circ\text{C}=200+273=473\text{ K}$. Άρα:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{473}{973} \Rightarrow \eta = 0,51 \text{ ή } 51\%$$

Αυτός είναι ο βαθμός απόδοσης της μηχανής που περιγράφει η άσκηση.

32. Σας δίνεται το διάγραμμα P-V του επόμενου σχήματος που παριστάνει τον κύκλο ενός **τελείου** αερίου με σειρά καταστάσεων: 1-2-3-4-1. Να αναφέρετε κάθε μια μεταβολή από τις τέσσερις που έχουν γίνει, τι ακριβώς μεταβολή είναι, καθώς και αν είναι εκτόνωση, συμπίεση, θέρμανση ή ψύξη. Αν γνωρίζετε ότι η θερμοκρασία στο σημείο 1 είναι $127\text{ }^\circ\text{C}$, να υπολογίσετε τις θερμοκρασίες και στα σημεία 2, 3 και 4.



Απάντηση:

Στις τέσσερις καταστάσεις που δίνονται για το αέριο, θα χρησιμοποιήσουμε στα μεγέθη της πίεσης P, της θερμοκρασίας T και του όγκου V τους δείκτες 1, 2, 3 και 4.

Μεταβολή 1-2: αυτή η μεταβολή είναι ισόθλιπτη, αφού η πίεση είναι σταθερή και ίση με 8 bar (οριζόντια ευθεία). Ο όγκος μεγαλώνει (από 1 λίτρο έγινε 3) οπότε θα μπορούσαμε να πούμε ότι γίνεται εκτόνωση. Δεν το λέμε όμως γιατί η πίεση μένει σταθερή. Κανονικά όταν σε ένα αέριο αυξάνεται ο όγκος, η πίεση μειώνεται, όπως και η θερμοκρασία. Όμως τώρα επειδή πρέπει η πίεση να μείνει σταθερή πρέπει το αέριο να θερμαίνεται, και μάλιστα πολύ. Άρα η μεταβολή είναι ισόθλιπτη θέρμανση. Εδώ έχουμε τέλειο αέριο και θα ισχύει η σχέση:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad \text{ή} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Αυτή τη σχέση θα λύσουμε ως προς την άγνωστη θερμοκρασία T_2 . Σε αυτές τις σχέσεις οι θερμοκρασίες που είναι σε βαθμούς Κελσίου, πρέπει να μετατρέπονται πάντα σε μονάδες Κέλβιν, προσθέτοντας το 273. Άρα οι $127\text{ }^\circ\text{C}$ είναι $127+273=400\text{ K}$.

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_1 \cdot T_2 = V_2 \cdot T_1 \Rightarrow T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1} \Rightarrow T_2 = \frac{3\text{ lt} \cdot 400\text{ K}}{1\text{ lt}} \Rightarrow T_2 = 1200\text{ K}$$

Επομένως η θερμοκρασία στο σημείο (2) είναι 1200 K, δηλαδή $1200-273=927\text{ }^\circ\text{C}$. Βλέπουμε πόσο πολύ αυξήθηκε η θερμοκρασία για να διατηρήσουμε σταθερή την πίεση.

Μεταβολή 2-3: η μεταβολή αυτή είναι ισοθερμοκρασιακή εκτόνωση. Αφού είναι καμπύλη με τη δεδομένη μορφή, θα μπορούσε να είναι αδιαβατική εκτόνωση (μείωση πίεσης). Δεν είναι όμως, γιατί παρατηρούμε ότι τα γινόμενα πίεσης, όγκου στα σημεία 2 και 3 είναι ίσα:

$$P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_3 \Rightarrow 8 \cdot 3 = 4 \cdot 6 = 24$$

Στην **αδιαβατική** μεταβολή αυτή η ισότητα δεν ισχύει. Ισχύει μόνο στην ισοθερμοκρασιακή μεταβολή. Άρα θα είναι ισοθερμοκρασιακή και επομένως στη θέση (3) η θερμοκρασία είναι πάλι 927 °C.

Μεταβολή 3-4: και αυτή η μεταβολή είναι ισόθλιπτη, αφού η πίεση είναι σταθερή (4 bar). Επειδή μειώνεται ο όγκος, αν ήταν συμπίεση το αέριο θα αύξανε τη θερμοκρασία του. Όμως η πίεση μένει σταθερή και γι αυτό θα πρέπει το αέριο να ψύχεται, άρα η μεταβολή είναι ισόθλιπτη ψύξη. Για να βρούμε τη θερμοκρασία στη θέση (4) θα εφαρμόσουμε την σχέση, όπως και στη μεταβολή 1-2:

$$\frac{T_3}{T_4} = \frac{V_3}{V_4} \Rightarrow V_3 \cdot T_4 = V_4 \cdot T_3 \Rightarrow T_4 = \frac{V_4 \cdot T_3}{V_3} \Rightarrow T_4 = \frac{1\text{lt} \cdot 1200\text{K}}{6\text{lt}} \Rightarrow T_4 = 200\text{K}$$

Επομένως στην κατάσταση (4) η θερμοκρασία είναι 200 K ή 200 – 273 = -73 °C.

Μεταβολή 4-1: στη μεταβολή αυτή ο όγκος μένει σταθερός και η πίεση αυξάνεται, άρα το αέριο θερμαίνεται. Επομένως έχουμε ισόογκη θέρμανση. Τη θερμοκρασία στη θέση (1) μας τη δίνει η εκφώνηση, αλλά αν υποθέσουμε ότι δεν την γνωρίζαμε θα την υπολογίζαμε από τη γνωστή σχέση για τα τέλεια αέρια:

$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{P_4}{P_1} \Rightarrow P_4 \cdot T_1 = P_1 \cdot T_4 \Rightarrow T_1 = \frac{P_1 \cdot T_4}{P_4} \Rightarrow T_1 = \frac{8\text{bar} \cdot 200\text{K}}{4\text{bar}} \Rightarrow T_1 = 400\text{K}$$

Βρήκαμε λοιπόν την θερμοκρασία που είχαμε όντως στην αρχή των μεταβολών.

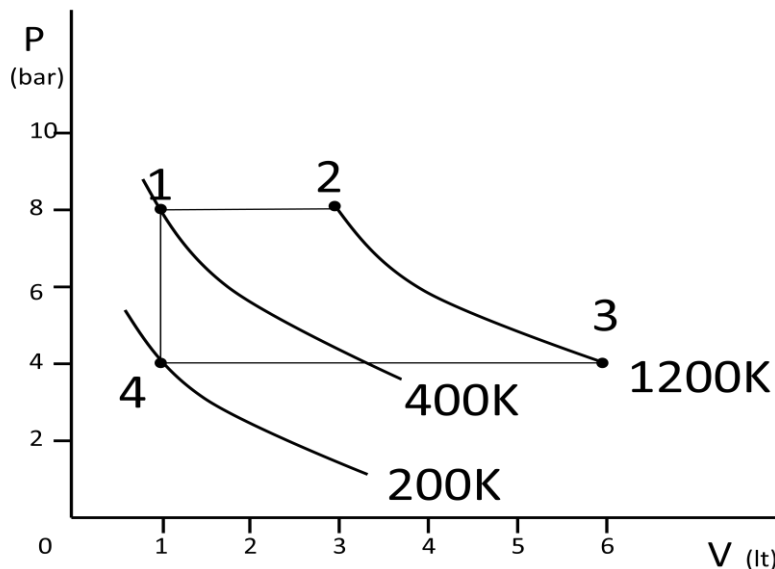
Στις Πανελλαδικές εξετάσεις το έτος 2018 δόθηκε μια παρόμοια άσκηση, στην οποία όμως δε ζητούσε να βρουν οι υποψήφιοι τα διάφορα μεγέθη στα σημεία 1, 2, 3 και 4, αλλά έδινε ένα πίνακα με πίεση, θερμοκρασία και όγκο σε κάθε σημείο για να συμπληρωθεί. Αυτό δεν άλλαζε κάτι στα ζητούμενα, απλά τα ζητούσε με ένα άλλο τρόπο. Για παράδειγμα, στην άσκηση εδώ θα μπορούσαμε να ζητάμε να συμπληρώσετε τον επόμενο πίνακα:

Μέγεθος	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
P (bar)	8			
V (lt)	1			
T (K)	400			

Σας δίνουμε μόνο τα τρία νούμερα που φαίνονται και τα υπόλοιπα πρέπει να τα βρείτε είτε από το διάγραμμα που δίνεται είτε με τους υπολογισμούς που έγιναν. Η συμπλήρωση του πίνακα με χρήση των πράξεων που έγιναν, θα έχει την εξής μορφή:

Μέγεθος	Κατάσταση 1	Κατάσταση 2	Κατάσταση 3	Κατάσταση 4
P (bar)	8	8	4	4
V (lt)	1	3	6	1
T (K)	400	1200	1200	200

Σημείωση: Στο επόμενο διάγραμμα πίεσης-όγκου έχουμε τοποθετήσει τα σημεία των προηγούμενων μεταβολών 1, 2, 3 και 4 και τις τρεις ισοθερμοκρασιακές καμπύλες που περνούν από αυτά. Έχουμε σημειώσει σε αυτές τις αντίστοιχες θερμοκρασίες που βρήκαμε κατά τη λύση της άσκησης. Οι καμπύλες γενικά έχουν μια μορφή που τις κάνει παράλληλες μεταξύ τους. Προφανώς δεν πρέπει να τέμνονται κάπου, αφού κάθε μια αποτελεί τη γραμμή που ανταποκρίνεται σε μια δεδομένη θερμοκρασία. Αν τέμνονταν κάπου θα είχαμε ένα σημείο στο διάγραμμα από το οποίο περνούν δυο ισοθερμοκρασιακές και αυτό δεν είναι σωστό. Αυτό που θέλουμε εδώ να πούμε είναι ότι παρατηρούμε ότι όσο πιο δεξιά στο διάγραμμα είναι μια ισοθερμοκρασιακή τόσο και σε μεγαλύτερη θερμοκρασία αντιστοιχεί.



33. Μια μηχανή υποθέτουμε ότι λειτουργεί με τον κύκλο Καρνό και έχει απόδοση 20%. Η μηχανή λειτουργεί ανάμεσα σε θερμοκρασίες, που η υψηλή είναι διπλάσια από την χαμηλή, **σε βαθμούς Κελσίου**. Να βρείτε αυτές τις θερμοκρασίες.

Απάντηση:

Αρχικά να πούμε ότι ο βαθμός απόδοσης όταν αντικαθίσταται στους τύπους, δεν μπαίνει ως το νούμερο που εμφανίζεται στο ποσοστό. Δηλαδή εδώ δε θα μπει το 20 αλλά το 1/100 αυτού. Θα βάλουμε επομένως 0,20.

Έστω ότι η χαμηλή θερμοκρασία είναι θ_1 βαθμούς Κελσίου. Τότε η υψηλή θα είναι διπλάσια: $\theta_2 = 2 \cdot \theta_1$. Ο βαθμός απόδοσης σε μια μηχανή με κύκλο Καρνό δίνεται από τον τύπο:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Φυσικά οι θερμοκρασίες σε αυτό τον τύπο είναι σε μονάδες Κέλβιν. Θα πρέπει να μετατρέψουμε τις θερμοκρασίες θ_1 και θ_2 από βαθμούς Κελσίου σε μονάδες Κέλβιν: $T_1 = \theta_1 + 273$, $T_2 = \theta_2 + 273 = 2 \cdot \theta_1 + 273$. Δεν γνωρίζουμε τις τιμές της θερμοκρασίας θ_1 και για αυτό θα αφήσουμε στον τύπο το σύμβολο. Το πλεονέκτημα που έχουμε είναι ότι ξέρουμε τη σχέση μεταξύ των δύο θερμοκρασιών. Αν αντικαταστήσουμε τις τιμές αυτές στον τύπο του βαθμού απόδοσης θα βρούμε τις θερμοκρασίες θ_1 και θ_2 .

$$\begin{aligned} \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} &\Rightarrow \eta = 1 - \frac{\theta_1 + 273}{2 \cdot \theta_1 + 273} \Rightarrow \eta = \frac{2 \cdot \theta_1 + 273}{2 \cdot \theta_1 + 273} - \frac{\theta_1 + 273}{2 \cdot \theta_1 + 273} \Rightarrow \\ \eta &= \frac{2 \cdot \theta_1 + 273 - \theta_1 - 273}{2 \cdot \theta_1 + 273} \Rightarrow \eta = \frac{\theta_1}{2 \cdot \theta_1 + 273} \Rightarrow \eta \cdot (2 \cdot \theta_1 + 273) = \theta_1 \Rightarrow \\ \eta \cdot 2 \cdot \theta_1 + \eta \cdot 273 &= \theta_1 \Rightarrow \theta_1 - \eta \cdot 2 \cdot \theta_1 = \eta \cdot 273 \Rightarrow \theta_1 \cdot (1 - 2 \cdot \eta) = \eta \cdot 273 \Rightarrow \\ \theta_1 &= \frac{\eta \cdot 273}{1 - 2 \cdot \eta} \Rightarrow \theta_1 = \frac{0,20 \cdot 273}{1 - 2 \cdot 0,20} \Rightarrow \theta_1 = \frac{54,6}{0,6} \Rightarrow \theta_1 = 91^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Άρα η θερμοκρασία του ψυχρού δοχείου είναι 91°C και του θερμού θα είναι διπλάσια: 182°C .

Διερεύνηση: ας υποθέσουμε ότι ο βαθμός απόδοσης ήταν 0,45. Θα κάναμε ξανά τις ίδιες πράξεις και θα καταλήγαμε στην αρχή της τελευταίας σειράς των προηγούμενων πράξεων. Το αποτέλεσμα θα ήταν:

$$\theta_1 = \frac{\eta \cdot 273}{1 - 2 \cdot \eta} \Rightarrow \theta_1 = \frac{0,45 \cdot 273}{1 - 2 \cdot 0,45} \Rightarrow \theta_1 = \frac{122,85}{0,1} \Rightarrow \theta_1 = 1228,5^\circ\text{C}$$

Δηλαδή βρίσκουμε ότι η χαμηλή θερμοκρασία είναι 1228,5 °C και η υψηλή θα είναι διπλάσια: 2457 °C, θερμοκρασίες υπερβολικές. Αν θέλουμε δηλαδή να έχουμε τη μια θερμοκρασία διπλάσια από την άλλη ο βαθμός απόδοσης θα είναι σχετικά χαμηλός για θερμοκρασίες λογικές. Θεωρητικά πάντως προκύπτει (από το ότι ο παρονομαστής στις τελευταίες σχέσεις δεν πρέπει να είναι μηδέν) ότι ο βαθμός απόδοσης δε μπορεί να φτάσει το 50%.

Ένα άλλο που είναι καλό να σημειώσουμε εδώ είναι ότι δεν είναι σωστό γενικά να λέμε «διπλάσια» θερμοκρασία ή «διπλάσια» πίεση. Και δεν είναι σωστό γιατί πρέπει να τονίσουμε σε ποιες μονάδες είναι διπλάσιο το μέγεθος. Για παράδειγμα, αν έχουμε θερμοκρασία 50 °C, η διπλάσια είναι 100 °C. Όμως 50 °C είναι ίσοι με 50+273=323 K και οι 100 °C είναι ίσοι με 100+273=373 K. Και φυσικά το 373 δεν είναι καθόλου διπλάσιο του 323. Απλά φαίνεται λίγο μεγαλύτερο (για την ακρίβεια είναι μόνο 15,5% μεγαλύτερο). Γι αυτό στην εκφώνηση της άσκησης τονίσαμε ότι το διπλάσιο αναφέρεται σε 50 °C. Το ίδιο ισχύει και για την πίεση, εκτός αν διευκρινιστεί ότι πρόκειται για απόλυτη ή μανομετρική.

34. Μια μηχανή που δουλεύει με τον κύκλο Καρνό έχει απόδοση 50%. Να βρείτε την σχέση που έχει η υψηλή θερμοκρασία με την χαμηλή, σε μονάδες Κέλβιν.

Απάντηση:

Θα πρέπει να πάρουμε την σχέση για την απόδοση στη μηχανή Καρνό και να την επιλύσουμε ως προς την θερμοκρασία T_2 (να προσέξουμε ότι αντί για 50% βάζουμε τον αριθμό 50/100=0,5):

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \eta = \frac{T_1}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \Rightarrow \eta \cdot T_1 = T_1 - T_2 \Rightarrow T_2 = T_1 - \eta \cdot T_1 \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot (1 - \eta)$$

$$\Rightarrow T_2 = T_1 \cdot (1 - 0,5) \Rightarrow T_2 = 0,5 \cdot T_1 \Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{2}$$

Επομένως όταν η απόδοση της μηχανής είναι 50%, η υψηλή θερμοκρασία σε μονάδες Κέλβιν θα είναι διπλάσια της χαμηλής.

Βλέπουμε ότι ο τύπος: $T_2 = T_1 \cdot (1 - \eta) \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta$ είναι εκείνος που μας δείχνει γενικά τη σχέση μεταξύ των δύο θερμοκρασιών, για οποιοδήποτε βαθμό απόδοσης.

35. Έχουμε ένα **τέλειο** αέριο σε κύλινδρο όγκου 500 cc (κυβικά εκατοστά, cm³) το οποίο είναι σε απόλυτη πίεση 2 bar και θερμοκρασία 0 °C. Το συμπιέζουμε μέχρι ο όγκος του να φτάσει στα 60 cc και η πίεση βλέπουμε ότι έγινε 20 bar. Να υπολογίσετε την θερμοκρασία αμέσως μετά τη συμπίεση.

Απάντηση:

Θα εφαρμόσουμε την καταστατική εξίσωση των τελείων αερίων (εξίσωση 3.1 του σχολικού βιβλίου, σελίδα 80) δύο φορές: μια για την αρχική κατάσταση (1) και άλλη μια για την τελική (2). Τα μεγέθη που μεταβάλλονται (πίεση, όγκος και θερμοκρασία) θα έχουν τους αντίστοιχους δείκτες 1 και 2 στα σύμβολα. Εδώ πρέπει να προσέξουμε το εξής: η καταστατική εξίσωση έχει τα μεγέθη στο διεθνές σύστημα μονάδων, SI, και την θερμοκρασία προφανώς σε μονάδες Κέλβιν. Όμως εδώ δε χρειάζεται να μετατρέψουμε όλες τις μονάδες γιατί κατά τη λύση θα απλοποιηθούν αφού θα διαιρέσουμε κατά μέλη τις δυο εξισώσεις. Αυτό μας γλυτώνει από πολύ κόπο και από πιθανά λάθη. Πρέπει όμως να γράφουμε τις μονάδες για να δείχνουμε το λόγο που δεν έγινε η μετατροπή. Εννοείται ότι το αποτέλεσμα θα είναι ίδιο, όπως και να το κάνουμε. Η μάζα του αερίου και η σταθερά R, μένουν ίδια στη μεταβολή και όταν διαιρέσουμε θα απλοποιηθούν και αυτά.

Αρχικά μετατρέπουμε την αρχική θερμοκρασία σε μονάδες Κέλβιν: 0 °C=0+273=273 K.

Τώρα γράφουμε τους δυο τύπους (χωρίς τους αριθμούς των μεγεθών):

$$P_1 \cdot V_1 = m \cdot R \cdot T_1$$

$$P_2 \cdot V_2 = m \cdot R \cdot T_2$$

Διαιρούμε τις εξισώσεις τώρα κατά μέλη και έχουμε:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{P_2 \cdot V_2} = \frac{m \cdot R \cdot T_1}{m \cdot R \cdot T_2} \Rightarrow \frac{P_1 \cdot V_1}{P_2 \cdot V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

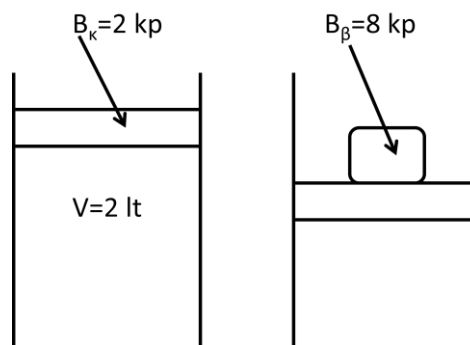
Τη διαίρεση κατά μέλη έχει και το σχολικό βιβλίο στην αρχή της σελίδας 369 στο Παράρτημα, αλλά για άλλη περίπτωση. Η τελευταία σχέση που βρήκαμε και έχουμε τονίσει με έντονα γράμματα είναι γνωστή στα βιβλία Θερμοδυναμικής και θα ήταν καλό να τη θυμόμαστε. Αυτή τη σχέση θα λύσουμε ως προς την άγνωστη θερμοκρασία T_2 :

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow P_1 \cdot V_1 \cdot T_2 = P_2 \cdot V_2 \cdot T_1 \Rightarrow T_2 = \frac{P_2 \cdot V_2 \cdot T_1}{P_1 \cdot V_1} \Rightarrow T_2 = \frac{20\text{bar} \cdot 60\text{cc}^2 \cdot 273\text{K}}{2\text{bar} \cdot 500\text{cc}^2} \Rightarrow T_2 = 327,6\text{K} = 327,6 - 273 = 54,6^\circ\text{C}$$

Άρα η θερμοκρασία μετά τη συμπίεση θα είναι $54,6^\circ\text{C}$.

36. Έχουμε αέριο σε ένα κύλινδρο διαμέτρου 10 cm, με ένα έμβολο βάρους 2 kp στο επάνω μέρος του, ελεύθερο να μετακινείται αλλά να κρατά το εσωτερικό του κυλίνδρου ερμητικά κλειστό. Ο όγκος του κυλίνδρου είναι $V_1=2$ lt. Τοποθετούμε πάνω στο έμβολο ένα βάρος 8 kp και ο κύλινδρος υποχωρεί μέχρι ενός σημείου, στο οποίο μετά από λίγο ισορροπεί. Η θερμοκρασία έχει επανέλθει στην αρχική. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι 1 kp/cm^2 .

1. Να υπολογίσετε την πίεση που ασκεί αρχικά το έμβολο στο αέριο.
2. Υπολογίστε την απόλυτη πίεση του αερίου στον κύλινδρο πριν τοποθετήσουμε το βάρος.
3. Να υπολογίσετε την απόλυτη πίεση του αερίου στον κύλινδρο αφού τοποθετήσουμε το βάρος.
4. Να βρείτε τον τελικό όγκο του αερίου.



Απάντηση:

1. Η πίεση P που ασκεί το έμβολο δίνεται από τον τύπο: $P = F/S$. Σε αυτή τη σχέση, F είναι το βάρος του εμβόλου και S το εμβαδόν της διατομής του. Πρέπει να υπολογίσουμε το S , αφού το F είναι το βάρος του εμβόλου και είναι γνωστό. Το S θα υπολογιστεί από τον τύπο για το εμβαδόν του κύκλου:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow S = \frac{3,14 \cdot 10^2 \text{cm}^2}{4} \Rightarrow S = 78,5\text{cm}^2$$

Αφού βρήκαμε το εμβαδόν, θα βρούμε και την πίεση, που είναι η μανομετρική:

$$P_1 = \frac{F}{S} \Rightarrow P_1 = \frac{2\text{kp}}{78,5\text{cm}^2} \Rightarrow P_1 = 0,0255 \text{kp/cm}^2$$

Η πίεση που προκαλείται από το έμβολο είναι $0,0255 \text{ kp/cm}^2$. Είναι η μανομετρική γιατί δεν έχουμε υπολογίσει ότι εκτός από το έμβολο στο επάνω μέρος του κυλίνδρου ασκείται και η ατμοσφαιρική πίεση.

2. Για να βρούμε την απόλυτη πίεση θα προσθέσουμε τη μανομετρική που βρήκαμε μόλις πριν στην ατμοσφαιρική:

$$P_{1\alpha} = 0,0255 + 1 = 1,0255 \text{ kp/cm}^2$$

3. Αφού τοποθετήσαμε το βάρος, η πίεση στο αέριο άλλαξε και θα υπολογιστεί όπως στο ερώτημα 1 και 2, με συνολικό όμως βάρος $2+8=10$ kr. Αρχικά η μανομετρική θα είναι:

$$P_2 = \frac{F}{S} \Rightarrow P_2 = \frac{10 \text{kp}}{78,5 \text{cm}^2} \Rightarrow P_2 = 0,1274 \text{ kp/cm}^2$$

$$P_{2\alpha} = 0,1274 + 1 = 1,1274 \text{ kp/cm}^2$$

Άρα τώρα η απόλυτη πίεση θα είναι $1,1274 \text{ kp/cm}^2$.

4. Επειδή η θερμοκρασία στο τέλος είναι ίση με την αρχική, η μεταβολή είναι ισοθερμοκρασιακή. Θα ισχύει ο τύπος της ισοθερμοκρασιακής μεταβολής:

$$P_{1\alpha} \cdot V_1 = P_{2\alpha} \cdot V_2$$

τον οποίο θα επιλύσουμε ως προς V_2 :

$$P_{1\alpha} \cdot V_1 = P_{2\alpha} \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_{1\alpha} \cdot V_1}{P_{2\alpha}} \Rightarrow V_2 = \frac{1,0255 \text{ kp/cm}^2 \cdot 2 \text{lt}}{1,1274 \text{ kp/cm}^2} \Rightarrow V_2 = 1,82 \text{lt}$$

Επομένως ο τελικός όγκος στον κύλινδρο θα είναι $1,82$ λίτρα.

Παρατηρούμε ότι δεν χρειάστηκε να κάνουμε μετατροπές μονάδων αφού οι μονάδες της πίεσης απλοποιούνται και το αποτέλεσμα προκύπτει σε λίτρα.

Κεφάλαιο 3**3.2. Ερωτήσεις - Δραστηριότητες σχολικού βιβλίου**

1. Ταιριάζετε τα ονόματα των χαρακτηριστικών μεταβολών των αερίων της πρώτης στήλης με τις φράσεις της δεύτερης στήλης.

Ισοθερμοκρασιακή	Η πίεση παραμένει σταθερή
Ισόθλιπτη	Το αέριο δεν συναλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον
Ισόογκη	Η θερμοκρασία παραμένει σταθερή
Αδιαβατική	Ο όγκος παραμένει σταθερός

Απάντηση:

Από τους ορισμούς του κεφαλαίου κάνουμε την επόμενη αντιστοίχιση:

Ισοθερμοκρασιακή	Η θερμοκρασία παραμένει σταθερή
Ισόθλιπτη	Η πίεση παραμένει σταθερή
Ισόογκη	Ο όγκος παραμένει σταθερός
Αδιαβατική	Το αέριο δεν συναλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον

2. Αέριο βρίσκεται σε κύλινδρο σταθερού όγκου. Η αρχική θερμοκρασία του είναι 17 °C και η αρχική απόλυτη πίεση είναι 8 kPa. Αν το αέριο θερμανθεί έως ότου η θερμοκρασία του γίνει 303 °C, να υπολογιστεί η πίεση που θα αναπτυχθεί στον κύλινδρο και να απεικονιστεί η μεταβολή σε διάγραμμα P-V.

Απάντηση:

Προφανώς η άσκηση θεωρεί ότι το αέριο είναι τέλειο, οπότε μπορούμε να εφαρμόσουμε τους νόμους των τελείων αερίων. Και συγκεκριμένα αυτά που ισχύουν στην ισόογκη μεταβολή, αφού τέτοια μεταβολή έχουμε εδώ, μιας και ο όγκος του κυλίνδρου μένει σταθερός. Η σχέση που ισχύει είναι:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Θυμόμαστε βέβαια ότι σε αυτό τον νόμο οι πιέσεις πρέπει να είναι οι απόλυτες όπως και οι θερμοκρασίες.

Ξεκινώντας να λύσουμε μια άσκηση αυτού του είδους, πρέπει να δίνουμε πρώτα τις σωστές ονομασίες στα μεγέθη που μας δίνουν και σε εκείνα που ψάχνουμε. Η πίεση των 8 kPa είναι η αρχική πίεση του αερίου, άρα θα πάρει την ονομασία P_1 . $P_1=8$ kPa. Επειδή είναι η απόλυτη πίεση δεν κάνουμε καμιά άλλη αλλαγή. Οι θερμοκρασίες όμως είναι σε βαθμούς Κελσίου και πρέπει να τις μετατρέψουμε σε Κέλβιν με το γνωστό τύπο: $K=C+273$.

Κάνουμε τις αλλαγές στις θερμοκρασίες:

$$K = C + 273 \Rightarrow K = 17 + 273 \Rightarrow K = 290$$

Άρα $T_1=290$.

Για να βρούμε την T_2 εφαρμόζουμε ξανά τον τύπο για τους 303 °C:

$$K = C + 273 \Rightarrow K = 303 + 273 \Rightarrow K = 576$$

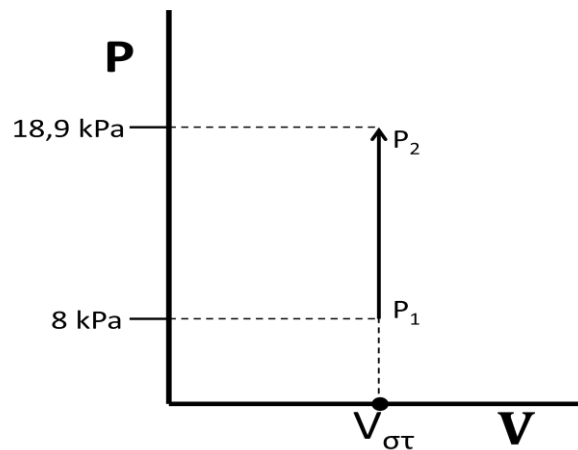
Άρα $T_2=576$.

Αντικαθιστούμε τις τιμές αυτές στον αρχικό τύπο και λύνουμε ως προς της άγνωστη πίεση P_2 :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow P_2 \times T_1 = P_1 \times T_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times T_2}{T_1} \Rightarrow P_2 = \frac{8kPa \times 576K}{290K} \Rightarrow P_2 = 18,9 kPa$$

Άρα η ζητούμενη πίεση είναι 18,9 kPa.

Θα προχωρήσουμε τώρα στο διάγραμμα P-V. Αφού θέλουμε να κάνουμε διάγραμμα πίεσης και όγκου, δε θα εμφανίζεται η θερμοκρασιακή μεταβολή, μόνο η πίεση και ο όγκος, που δεν μεταβάλλεται. Γι αυτό (επειδή ο όγκος παραμένει σταθερός) η μεταβολή στο διάγραμμα, θα πρέπει να μένει στο ίδιο σημείο του όγκου, στο $V_{στ}$, (θα είναι δηλαδή κατακόρυφο ευθύγραμμο τμήμα) ενώ η πίεση θα πηγαίνει από την αρχική P_1 στην τελική P_2 . Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η μεταβολή.



3. Αέριο βρίσκεται σε κύλινδρο, με έμβολο που μπορεί να κινείται ελεύθερα. Η αρχική απόλυτη πίεση του αερίου είναι 4 bar και ο αρχικός του όγκος είναι 0,05 m³. Αν το αέριο συμπιεστεί υπό σταθερή θερμοκρασία μέχρι η πίεσή του να γίνει 12 bar, να υπολογιστεί ο τελικός όγκος του και να απεικονιστεί η μεταβολή σε διάγραμμα P-V.

Απάντηση:

Αφού οι πιέσεις που δίνονται είναι οι απόλυτες δεν χρειάζεται να τις μετατρέψουμε. Στον όγκο δεν κάνουμε αλλαγή. Αρχικά θα δώσουμε τις σωστές ονομασίες στα δυο μεγέθη που μας δίνονται. Θα έχουμε: $P_1=4$ bar, $P_2=12$ bar και $V_1=0,05$ m³. Αν σκεφτούμε ότι 1 m³ (κυβικό μέτρο) έχει 1000 λίτρα, τότε ο όγκος αυτός είναι 50 λίτρα ($0,05 \times 1000=50$). Το ζητούμενο είναι ο όγκος V_2 . Ασφαλώς επειδή η μεταβολή γίνεται με σταθερή θερμοκρασία, θα είναι ισοθερμοκρασιακή και θα ισχύει ο τύπος:

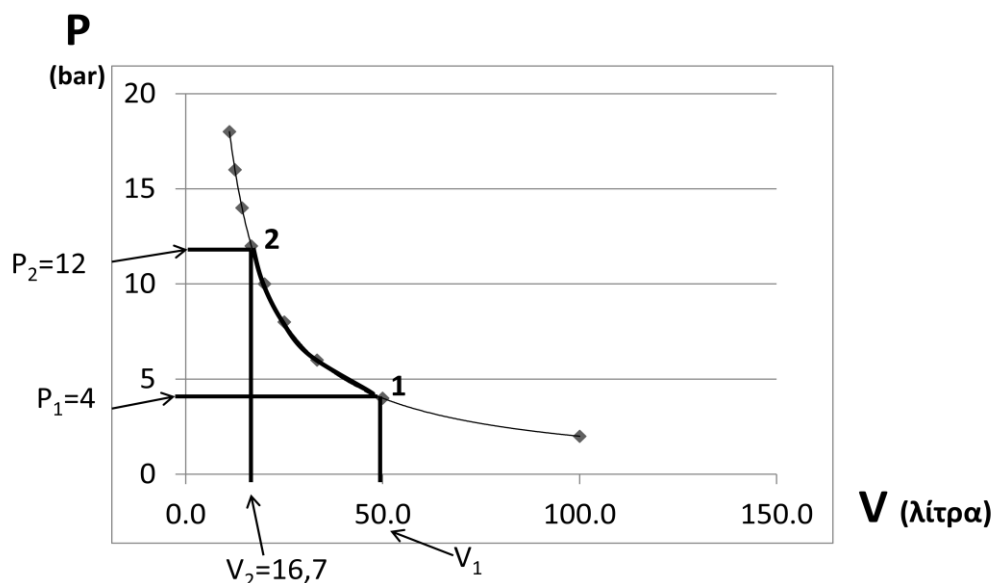
$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

Σε αυτό τον τύπο θα αντικαταστήσουμε τις τιμές των πιέσεων και του αρχικού όγκου για να βρούμε τον τελικό όγκο V_2 :

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 \times V_1}{P_2} \Rightarrow V_2 = \frac{4\text{bar} \times 0,05 \text{ m}^3}{12\text{bar}} \Rightarrow V_2 = \frac{0,2\text{bar} \cdot \text{m}^3}{12\text{bar}} \Rightarrow V_2 = 0,0167\text{m}^3$$

Επομένως ο τελικός όγκος είναι 0,0167 m³, ή 16,7 λίτρα.

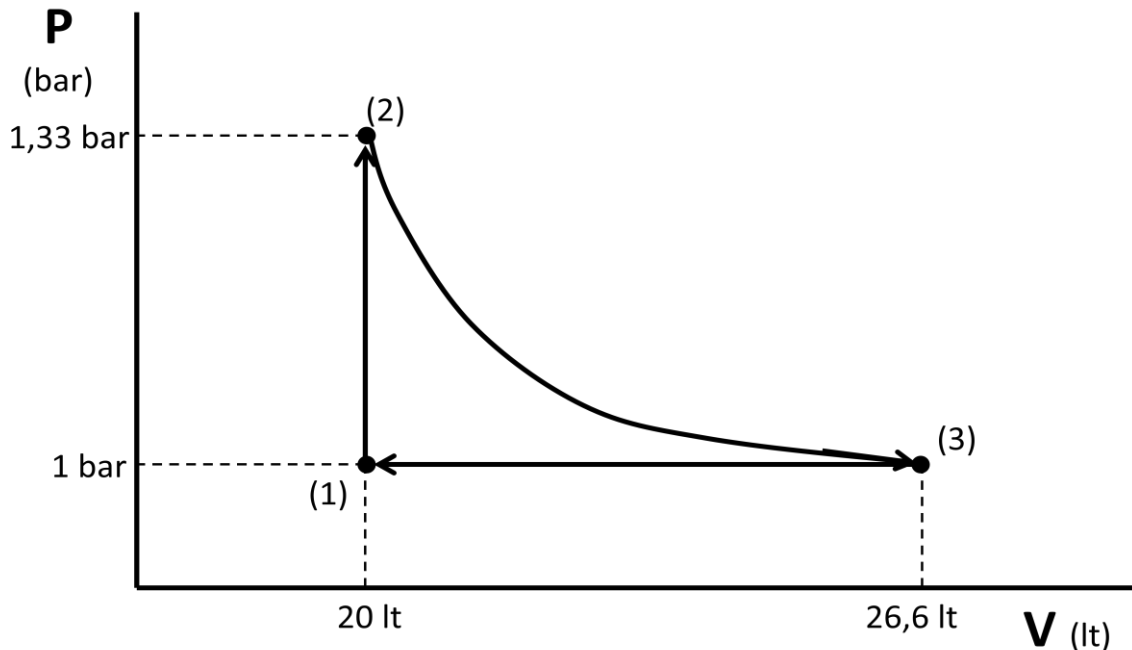
Για την απεικόνιση σε διάγραμμα πίεσης – όγκου θα πρέπει να έχουμε ένα διάγραμμα παρόμοιο με εκείνο στη σελίδα 85 του σχολικού βιβλίου.



Το προηγούμενο διάγραμμα δείχνει τη μεταβολή από την κατάσταση 1 στην κατάσταση 2. Έχει γίνει επεξεργασία του τύπου που χρησιμοποιήθηκε και με άλλες τιμές, και προέκυψε η μεγαλύτερη καμπύλη με τα σημεία που φαίνονται.

4. Η αρχική κατάσταση (1) ενός τελείου αερίου περιγράφεται με τις τιμές $P_1=1 \text{ bar}$, $V_1=20 \text{ lt}$, και $T_1 = 300 \text{ K}$. Αρχικά υφίσταται μια ισόογκη θέρμανση μέχρι η θερμοκρασία του να γίνει $T_2 = 400 \text{ K}$ (κατάσταση 2). Στη συνέχεια υφίσταται μια ισοθερμοκρασιακή εκτόνωση μέχρι η πίεσή του να επανέλθει στην αρχική της τιμή (κατάσταση 3). Τέλος υφίσταται μια ισόθλιπτη ψύξη, οπότε επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Απεικονίστε αυτή την κυκλική μεταβολή σε διάγραμμα P-V και υπολογίστε τα μεγέθη P, V, T για κάθε μια από τις καταστάσεις 2 και 3.

Απάντηση:



Από την κατάσταση (1) στην (2) το αέριο πηγαίνει με ισόογκη μεταβολή. Αυτό σημαίνει ότι στο διάγραμμα P-V η μεταβολή θα παριστάνεται με μια ευθεία γραμμή σταθερού όγκου, άρα κατακόρυφη. Φαίνεται στο σχήμα.

Κατόπιν έχουμε μια ισοθερμοκρασιακή μεταβολή, άρα θα παριστάνεται με την καμπύλη της ισοθερμοκρασιακής μεταβολής, (2) προς (3), που φαίνεται στο σχήμα. Η καμπύλη θα σταματήσει στο ύψος της πίεσης που είχαμε στην κατάσταση (1), σύμφωνα με την εκφώνηση.

Από την κατάσταση (3) έχουμε ισόθλιπτη μεταβολή, άρα η πίεση θα μείνει σταθερή και η γραμμή που παριστάνει τη μεταβολή αυτή θα είναι οριζόντια. Επειδή είναι ψύξη προφανώς ο όγκος θα μειωθεί και η κατεύθυνση της γραμμής θα είναι προς τα αριστερά, δηλαδή προς μικρότερο όγκο. Οι μεταβολές αυτές φαίνονται στο προηγούμενο διάγραμμα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί και οι τιμές των μεγεθών που βρέθηκαν πιο κάτω.

Προχωράμε τώρα στον υπολογισμό των μεγεθών που ζητούνται. Εννοείται ότι η αρχική πίεση είναι η απόλυτη και στη συνέχεια όλες οι πιέσεις θα είναι απόλυτες.

Μεταβολή (1) προς (2). Είναι ισόογκη και γνωρίζουμε τις θερμοκρασίες στις δυο καταστάσεις και ζητάμε την τελική πίεση P_2 . Άρα θα ισχύει η γνωστή σχέση, την οποία θα λύσουμε ως προς την πίεση P_2 :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow P_2 \times T_1 = P_1 \times T_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times T_2}{T_1} \Rightarrow P_2 = \frac{1 \text{ bar} \times 400 \text{ K}}{300 \text{ K}} \Rightarrow P_2 = 1,33 \text{ bar}$$

Επομένως στην κατάσταση (2) θα έχουμε τις τιμές $P_2=1,33 \text{ bar}$, $V_2=V_1=20 \text{ lt}$, και $T_2=400 \text{ K}$.

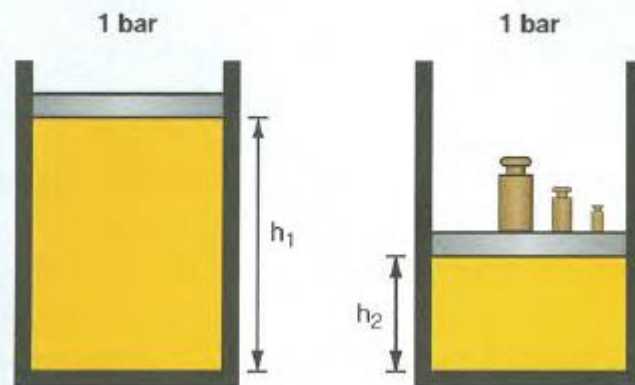
Μεταβολή (2) προς (3). Αυτό που μένει για να υπολογίσουμε στην κατάσταση (3) είναι ο όγκος που θα αποκτήσει το αέριο με την ισοθερμοκρασιακή εκτόνωση. Η πίεση στην

κατάσταση (3) θα είναι η αρχική, $P_1 = P_3 = 1 \text{ bar}$, ενώ η θερμοκρασία θα μείνει ίδια, στους 400 K. Η σχέση που ισχύει στην ισοθερμοκρασιακή μεταβολή των τελείων αερίων είναι η $P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3$, την οποία θα πρέπει να λύσουμε ως προς τον άγνωστο νέο όγκο V_3 .

$$P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{P_2 \times V_2}{P_3} \Rightarrow V_3 = \frac{1,33 \text{ bar} \times 20 \text{ lt}}{1 \text{ bar}} \Rightarrow V_3 = 26,6 \text{ lt}$$

Επομένως στην κατάσταση (3) θα έχουμε για κάθε μέγεθος τις τιμές: τιμές $P_3 = 1 \text{ bar}$, $V_3 = 26,6 \text{ lt}$, και $T_3 = 400 \text{ K}$.

5. Στο επόμενο σχήμα βλέπουμε ένα κύλινδρο με ένα έμβολο αμελητέου βάρους. Περιέχει ένα αέριο, που μπορούμε να το θεωρήσουμε σαν τέλειο αέριο. Το έμβολο βρίσκεται σε ισορροπία. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι 1 bar. Η αρχική απόσταση του εμβόλου από τη βάση του κυλίνδρου είναι h_1 .



- α) Πόση είναι η πίεση του αερίου μέσα στον κύλινδρο;
 β) Τοποθετούμε βαρίδια πάνω στο έμβολο και αυτό κατεβαίνει και ισορροπεί σε απόσταση $h_2 = h_1/2$ από τη βάση. Θεωρούμε ότι η μεταβολή αυτή έγινε αργά ώστε στο τέλος η θερμοκρασία του αερίου να είναι ίση και πάλι με τη θερμοκρασία του δωματίου. Ποια θα είναι η τελική πίεση του αερίου στον κύλινδρο;
 γ) Αν το έμβολο έχει εμβαδόν 100 cm^2 , υπολογίστε το συνολικό βάρος των βαριδιών που τοποθετήσαμε πάνω στο έμβολο.

Απάντηση:

α) Αφού το έμβολο θεωρείται ότι δεν έχει βάρος, είναι σα να μην υπάρχει, άρα δεν ασκεί στον κύλινδρο καμιά πίεση. Επομένως η πίεση του αερίου στον κύλινδρο θα είναι ίδια με την εξωτερική, δηλαδή ίση με 1 bar.

β) Αφού το ύψος μειώθηκε στο μισό, σημαίνει ότι στο μισό μειώθηκε και ο όγκος του κυλίνδρου. Αν η αρχική πίεση ήταν $P_1 = 1 \text{ bar}$ και ο αρχικός όγκος V_1 , τότε ο τελικός όγκος είναι $V_2 = V_1/2$. Αφού η μεταβολή που γίνεται όταν τοποθετηθούν τα βαρίδια είναι ισοθερμοκρασιακή, θα ισχύει ο τύπος: $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$. Σε αυτόν θα αντικαταστήσουμε τον όγκο V_2 με το $V_1/2$ και θα λύσουμε ως προς το άγνωστο P_2 :

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_1/2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times V_1 \times 2}{V_1} \Rightarrow P_2 = P_1 \times 2 \Rightarrow P_2 = 1 \text{ bar} \times 2 \Rightarrow P_2 = 2 \text{ bar}$$

Θα μπορούσαμε γρηγορότερα να απαντήσουμε αν σκεφτόμασταν ότι από τη σχέση $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ ή την $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$, καταλαβαίνουμε ότι η πίεση και ο όγκος είναι αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη στην ισοθερμοκρασιακή μεταβολή. Άρα, αφού ο όγκος έμεινε ο μισός, η πίεση θα έχει διπλασιαστεί. Επομένως από 1 bar θα πήγε στα 2 bar.

γ) Από τον ορισμό της πίεσης έχουμε τη σχέση: $P = \frac{F}{A}$. Στην περίπτωση μας η δύναμη F θα είναι ακριβώς το βάρος των βαριδιών. Φυσικά A είναι η διατομή που μας δίνεται ίση με 100

cm^2 . Και βέβαια η πίεση P θα είναι η P_2 που βρέθηκε λίγο πριν ίση με 2 bar. Θα λύσουμε την εξίσωση λοιπόν ως προς F :

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P \times A \Rightarrow F = 2\text{bar} \times 100\text{cm}^2$$

Εδώ μπαίνει το ερώτημα τι μονάδες θα έχει η ζητούμενη δύναμη F . Από τη λύση της προηγούμενης εξίσωσης φαίνεται να είναι ίση με $200 \text{ bar} \cdot \text{cm}^2$, η οποία όμως δεν είναι καμιά γνωστή και αποδεκτή μονάδα. Για να έρθουμε σε κάτι γνώριμο, θα μετατρέψουμε τα 2 bar σε at δηλαδή σε Kp/cm^2 , σύμφωνα με τον πίνακα της σελίδας 63. Από εκεί βλέπουμε την αντιστοιχία: $1 \text{ bar} = 1,0197 \text{ Kp/cm}^2$. Τώρα μπορούμε να κάνουμε την μετατροπή και να προκύψουν οι μονάδες της δύναμης σε Kp :

$$2\text{bar} \times 100\text{cm}^2 = 2 \times 1,0197 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \times 100\text{cm}^2 = 203,94\text{kp}$$

Άρα τα βαρίδια έχουν βάρος 203,94 Kp .

Καταλαβαίνουμε δηλαδή ότι το βάρος που θα βάλουμε στο έμβολο είναι αρκετά μεγάλο, πάνω από 200 κιλά.

Επιλέξαμε να μετατρέψουμε τα bar σε Kp/cm^2 και όχι σε κάτι άλλο για να μπορέσουμε να κάνουμε την απλοποίηση των cm^2 και να προκύψει μια καθαρή μονάδα δύναμης, όπως είναι το Kp . Θα μπορούσαμε να τα μετατρέψουμε και σε Pascal (Nt/m^2), αλλά θα έπρεπε πρώτα να μετατρέψουμε και τα 100 cm^2 σε m^2 . Έτσι θα βρίσκαμε την δύναμη σε Newton. Άρα θα είχαμε μια παραπάνω μετατροπή.

6. Ένα παιδί κρατάει ένα λαστιχένιο μπαλόνι που έχει όγκο 4 lt. Το μπαλόνι περιέχει ήλιο. Η θερμοκρασία του εδάφους είναι $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Το μπαλόνι ξεφεύγει από το παιδί και ανεβαίνει μέχρι ένα σημείο της ατμόσφαιρας, όπου η θερμοκρασία είναι $8 \text{ }^\circ\text{C}$. Πόσος θα είναι τότε ο όγκος του μπαλονιού;

Προσθέτουμε και τις πληροφορίες του Παραρτήματος: το μπαλόνι φτάνει σε ύψος 120 μέτρα και η ατμοσφαιρική πίεση στο έδαφος είναι 1 Atm. Επίσης είναι γνωστό ότι η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται κατά 1 mm Hg περίπου, κάθε 10 m που ανεβαίνουμε.



Απάντηση:

Αφού το μπαλόνι ανέβηκε 120 μέτρα και η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται κατά 1 mm Hg περίπου, κάθε 10 m που ανεβαίνουμε, τότε στα 120 μέτρα ύψος η πίεση θα είναι κατά 12 mm Hg μικρότερη από την πίεση στο έδαφος. Αν θεωρήσουμε το ήλιο στο μπαλόνι ως τέλειο αέριο, στη μεταβολή που υφίσταται αλλάζουν και τα τρία μεγέθη: θερμοκρασία, πίεση και όγκος. Αυτό σημαίνει ότι θα χρησιμοποιήσουμε την καταστατική εξίσωση των αερίων: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$. Και μάλιστα δυο φορές: μια για την κατάσταση (1) και μια για την κατάσταση (2). Στην κατάσταση (1) τα μεγέθη είναι τα P_1 , V_1 και T_1 ενώ στην κατάσταση (2) είναι P_2 , V_2 και T_2 . Θα γράψουμε την εξίσωση δυο φορές και θα διαιρέσουμε αυτές κατά μέλη (βλέπε και σελίδα 369 του βιβλίου).

$$P_1 \times V_1 = n \times R \times T_1$$

$$P_2 \times V_2 = m \times R \times T_2$$

Προφανώς τα m και R μένουν ίδια και στις δυο καταστάσεις. Με τη διαίρεση κατά μέλη προκύπτει:

$$\frac{P_1 \times V_1}{P_2 \times V_2} = \frac{m \times R \times T_1}{m \times R \times T_2} \Rightarrow \frac{P_1 \times V_1}{P_2 \times V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{ή} \quad \frac{P_1 \cdot V_1}{P_2 \cdot V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{ή} \quad \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Στην τελευταία εξίσωση όλα είναι γνωστά εκτός από τον όγκο V_2 . Πρέπει όμως πρώτα να κάνουμε κάποιες μετατροπές στις μονάδες για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε τη σχέση αυτή. Οι πιέσεις πρέπει να είναι απόλυτες και οι δυο. Οι θερμοκρασίες πρέπει να είναι σε μονάδες Κέλβιν. Άρα θα κάνουμε τις πρέπουσες μεταβολές.

Μετατροπή θερμοκρασιών:

$$K = 273 + C \Rightarrow K = 273 + 25 \Rightarrow K = 298$$

$$K = 273 + C \Rightarrow K = 273 + 8 \Rightarrow K = 281$$

Για την πίεση γνωρίζουμε ότι 1 Atm είναι ίση με 760 mm Hg, και αυτή είναι η απόλυτη πίεση στο έδαφος. Στα 120 μέτρα θα είναι κατά 12 mm Hg λιγότερη, άρα θα είναι 760-12=748 mm Hg. Πριν προχωρήσουμε θα δώσουμε τις σωστές ονομασίες στα μεγέθη που έχουμε:

$$T_1=298 \text{ K}$$

$$T_2=281 \text{ K}$$

$$P_1= 760 \text{ mmHg}$$

$$P_2=748 \text{ mm Hg}$$

$$V_1= 4\text{lt}$$

$$V_2= \text{άγνωστος}$$

Αντικαθιστούμε αυτές τις τιμές στην εξίσωση που καταλήξαμε από την καταστατική εξίσωση προηγούμενης και θα βρούμε τον τελικό όγκο V_2 :

$$\begin{aligned} \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} &= \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow T_1 \cdot P_2 \cdot V_2 = P_1 \cdot V_1 \cdot T_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot P_2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow V_2 = \frac{760\text{mmHg} \cdot 4\text{lt} \cdot 281\text{K}}{298\text{K} \cdot 748\text{mmHg}} \Rightarrow V_2 = 3,83\text{lt} \end{aligned}$$

Επομένως ο όγκος του μπαλονιού στα 120 μέτρα θα είναι 3,83 λίτρα.

Εννοείται ότι στη λύση της παραπάνω εξίσωσης απλοποιήθηκαν σε αριθμητή και παρονομαστή οι μονάδες mm Hg και οι K.

7. Μια αίθουσα εργαστηρίου έχει διαστάσεις 5x8x4 m. Στην αίθουσα υπάρχουν ένα βαρόμετρο και ένα θερμόμετρο που δείχνουν 1 bar και 27 °C αντίστοιχα. Υπολογίστε τη μάζα του αέρα της αίθουσας.

Απάντηση:

Στη σελίδα 375 και στον πίνακα 1 δίνεται ότι η τιμή του R για τον αέρα ότι είναι 287J/kgK. Οι μονάδες αυτές είναι στο διεθνές σύστημα SI. Άρα θα πρέπει και οι μονάδες των μεγεθών πίεσης και όγκου να είναι στο διεθνές σύστημα. Δηλαδή σε Pascal και m^3 αντιστοίχως. Υπενθυμίζεται ότι το γινόμενο του μοριακού βάρους (MB) ενός αερίου επί το R , ισούται με ένα σταθερό αριθμό για όλα τα αέρια, που ονομάζεται παγκόσμια σταθερά των αερίων.

Γνωρίζοντας την πίεση, τη θερμοκρασία και υπολογίζοντας τον όγκο θα λύσουμε την καταστατική εξίσωση των αερίων ως προς την άγνωστη μάζα και θα βρούμε το ζητούμενο της άσκησης:

$$P \times V = m \times R \times T$$

Όμως πρέπει η πίεση να μετατραπεί σε απόλυτη και με μονάδες Pa, όπως και η θερμοκρασία σε μονάδες Κέλβιν. Ο όγκος θα είναι σε κυβικά μέτρα.

Θα μετατρέψουμε την πίεση 1 bar σε Pa. Από τον πίνακα της σελίδας 63 του σχολικού βιβλίου έχουμε: 1 bar=10⁵ Pa.

$$\text{Η θερμοκρασία } 27 \text{ }^\circ\text{C} \text{ γίνεται: } K=273+27=300\text{K}$$

$$\text{Ο όγκος είναι } 5 \times 8 \times 4 = 160 \text{ m}^3.$$

Αντικαθιστούμε στην εξίσωση και έχουμε:

$$P \times V = m \times R \times T \Rightarrow m = \frac{P \times V}{R \times T} \Rightarrow m = \frac{10^5 \times 160}{287 \times 300} \Rightarrow m = 185,83 \text{ kg}$$

Επομένως η μάζα του αέρα στο δωμάτιο είναι 185,83 kg.

Ως επαλήθευση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα του βιβλίου στη σελίδα 359 που δίνει την πυκνότητα του αέρα των 30 °C ίση με 1,164 kg/m³. Αυτό σημαίνει ότι κάθε κυβικό μέτρο αέρα θερμοκρασίας 30 °C ζυγίζει 1,164 kg. Άρα τα 160 κυβικά μέτρα θα ζυγίζουν 160x1,164=186,24 kg. Αριθμός που είναι πολύ κοντά στην τιμή που βρήκαμε. Μπορούμε να πούμε ότι ο αέρας έχει βάρος σε συνθήκες δωματίου, ίσο με περίπου 1 κιλό για κάθε κυβικό μέτρο.

8. Στον αεροθάλαμο ενός αεροσυμπιεστή (κομπρεσέρ) βρίσκονται 20 Kg αέρα υπό πίεση (μανομετρική) 20 bar και θερμοκρασία 20 °C. Μετά από λίγο, μια ποσότητα 5 Kg αέρα φεύγει από τον αεροθάλαμο και διοχετεύεται για χρήση. Στο τέλος της διεργασίας το μανόμετρο δείχνει 19,5 bar, ενώ η τελική θερμοκρασία του αέρα στον αεροθάλαμο είναι 18 °C. Τι λάθος υπάρχει σ' αυτή τη μικρή ιστορία;

Απάντηση:

Αυτή η άσκηση φαίνεται εξ αρχής ότι έχει κάτι περίεργο αφού δίνει όλα τα χαρακτηριστικά δυο καταστάσεων. Είναι σαν να έχει λύσει το πρόβλημα. Οι κανονικές ασκήσεις που δίνουν δυο καταστάσεις ενός αερίου δίνουν όλα τα στοιχεία της μιας και ζητάνε ένα από την άλλη δίνοντας τα υπόλοιπα, όχι όλα. Συγκεκριμένα εδώ δίνει και την πίεση και τη θερμοκρασία και τη μάζα και πριν την εξαγωγή του αέρα και μετά. Όμως από τα δεδομένα της πρώτης κατάστασης μπορούμε να βρούμε τον όγκο του αεροθαλάμου. Το ίδιο μπορούμε να κάνουμε και για τη δεύτερη κατάσταση. Αν οι τιμές είναι ίδιες τότε όλα καλά. Αν όμως διαφέρουν τότε υπάρχει ένα λάθος στην περιγραφή.

Θα πρέπει να έχουμε την απόλυτη πίεση οπότε έχουμε $P_1=20+1=21$ bar και επειδή πρέπει να τα μετατρέψουμε σε Pa, πολλαπλασιάζουμε με το 10⁵, όπως κάναμε και στην προηγούμενη άσκηση. Άρα $P_1=21 \times 10^5=21 \cdot 10^5$ Pa. Αντίστοιχα έχουμε $P_2=19,5+1=20,5$ bar και $P_2=20,5 \times 10^5=20,5 \cdot 10^5$ Pa.

Όσο για τη θερμοκρασία $T_1=20+273=293\text{K}$ και $T_2=18+273=291\text{K}$.

Για τη μάζα έχουμε $m_1 = 20$ kg και $m_2=20-5=15$ kg.

Από την εφαρμογή της καταστατικής εξίσωσης για τις δυο καταστάσεις βρίσκουμε τον άγνωστο όγκο V_1 και V_2 σε μονάδες m³.

$$P_1 \times V_1 = m_1 \times R \times T_1 \Rightarrow V_1 = \frac{m_1 \times R \times T_1}{P_1} \Rightarrow V_1 = \frac{20 \text{ kg} \times R \times 293 \text{ K}}{21 \times 10^5 \text{ Pa}} \Rightarrow V_1 = 0,0028 \cdot R \text{ m}^3$$

$$P_2 \times V_2 = m_2 \times R \times T_2 \Rightarrow V_2 = \frac{m_2 \times R \times T_2}{P_2} \Rightarrow V_2 = \frac{15 \text{ kg} \times R \times 291 \text{ K}}{19,5 \times 10^5 \text{ Pa}} \Rightarrow V_2 = 0,0022 \cdot R \text{ m}^3$$

Βλέπουμε λοιπόν ότι ο όγκος που θα έπρεπε να είναι ίδιος και στις δυο καταστάσεις, αφού είναι ο όγκος του αεροθαλάμου, δεν υπολογίζεται στην ίδια τιμή. Άρα η διατύπωση του προβλήματος έχει κάποιο λάθος.

Στο παράρτημα που βρίσκεται στο τέλος του σχολικού βιβλίου, υποδεικνύεται να γραφεί η εξίσωση δυο φορές και να διαιρεθούν κατά μέλη. Ουσιαστικά κάναμε το ίδιο πράγμα.

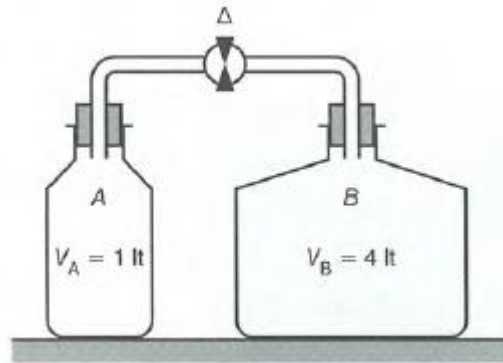
9. Δύο φιάλες, όγκου ενός λίτρου (lt) και 4 lt αντίστοιχα, συνδέονται όπως δείχνει το επόμενο σχήμα. Ο όγκος του σωλήνα που συνδέει τις φιάλες είναι πολύ μικρός και μπορείτε στους υπολογισμούς σας να τον αγνοήσετε.

Οι αρχικές συνθήκες είναι οι εξής: ο διακόπτης Δ είναι κλειστός. Η φιάλη Α περιέχει άζωτο σε θερμοκρασία 0 °C και πίεση 2 bar. Στη φιάλη Β επικρατεί απόλυτο κενό.

Ανοίγουμε το διακόπτη. Θεωρήστε ότι η θερμοκρασία του αερίου παραμένει σταθερή. Υπολογίστε στην τελική κατάσταση:

α) την πίεση που επικρατεί σε κάθε φιάλη.

β) τη μάζα του αζώτου που βρίσκεται σε κάθε φιάλη.

**Απάντηση:**

α) Όταν ανοίξει ο διακόπτης το αζώτο θα πάει και στη μεγάλη φιάλη. Αφού ο διακόπτης μένει ανοικτός η πίεση και στις δυο φιάλες θα είναι ίδια. Έτσι από την κατάσταση (1) με όγκο 1 lt, θερμοκρασία 0 °C και πίεση 2 bar, πήγαμε στην κατάσταση (2) με όγκο 4+1=5 lt, θερμοκρασία πάλι 0 °C και πίεση άγνωστη που ζητείται. Έχουμε δηλαδή μια μεταβολή που είναι ισοθερμοκρασιακή και αρκεί να επιλύσουμε τη γνωστή σχέση που ισχύει. Η άσκηση δεν το δίνει, αλλά θεωρούμε ότι η πίεση είναι η απόλυτη και όχι η μανομετρική, γιατί στον τύπο θέλουμε την απόλυτη.

$$\text{Άρα έχουμε: } P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} \Rightarrow P_2 = \frac{2\text{bar} \times 1\text{lt}}{5\text{lt}} \Rightarrow P_2 = 0,4\text{bar}$$

Επομένως η κοινή πίεση και στις δυο φιάλες θα είναι 0,4 bar.

β) Η μάζα που είναι σε κάθε φιάλη είναι ανάλογη του όγκου της. Άρα αν βρούμε τη συνολική μάζα, το 1/5 θα είναι στη μικρή φιάλη και τα 4/5 στη μεγάλη. Την συνολική μάζα θα τη βρούμε από την καταστατική εξίσωση για την κατάσταση (1): $P_1 \times V_1 = m \times R \times T$

Στη σχέση αυτή όλα τα μεγέθη πρέπει να είναι σε μονάδες του διεθνούς συστήματος, άρα η πίεση πρέπει να μπει σε Pascal (θα μετατρέψουμε τα 2 bar σε Pa) Θα χρησιμοποιήσουμε τη σχέση: 1 bar = 10^5 Pa και βρίσκουμε ότι η αρχική πίεση ήταν $P_1 = 2 \cdot 10^5$ Pa. Η θερμοκρασία θα μετατραπεί σε μονάδες Κέλβιν, άρα 0 °C θα είναι $T_1 = 273$ K. και ο όγκος πρέπει να μετατραπεί σε κυβικά μέτρα από ένα λίτρο που είναι. Ένα λίτρο είναι το 1/1000 το κυβικού μέτρου. Άρα $V_1 = 1 \text{ lt} = 0,001 \text{ m}^3$. Από τον πίνακα 1 της σελίδας 375 βρίσκουμε την τιμή του R για το αζώτο ότι είναι $R = 297 \text{ J/kgK}$. Λύνουμε την καταστατική εξίσωση ως προς τη μάζα και αντικαθιστούμε τις τιμές που βρήκαμε:

$$P_1 \cdot V_1 = m \cdot R \cdot T \Rightarrow m = \frac{P_1 \cdot V_1}{R \cdot T} \Rightarrow m = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 0,001}{297 \cdot 273} \Rightarrow m = 0,00247\text{kg} \approx 2,5\text{gr}$$

Επομένως η συνολική ποσότητα του αζώτου και στις δυο φιάλες είναι 2,5 γραμμάρια. Από αυτά το 1/5 είπαμε ότι βρίσκεται στη μικρή φιάλη, δηλαδή $\frac{1}{5} \times 2,5 = 0,5$ γραμμάρια και τα υπόλοιπα 2 γραμμάρια στη μεγάλη.

Σημείωση: Αν η αρχική πίεση των 2 bar δεν είναι η απόλυτη αλλά η μανομετρική, θα την μετατρέψουμε σε απόλυτη, και θα είναι περίπου 2 bar+1 bar=3 bar= $3 \cdot 10^5$ Pa, οπότε θα έχουμε για την κοινή πίεση μετά το άνοιγμα του διακόπτη:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} \Rightarrow P_2 = \frac{3\text{bar} \times 1\text{lt}}{5\text{lt}} \Rightarrow P_2 = 0,6\text{bar}$$

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε τον τελικό τύπο και βρίσκουμε την μάζα σε αυτή την περίπτωση:

$$P_1 \cdot V_1 = m \cdot R \cdot T \Rightarrow m = \frac{P_1 \cdot V_1}{R \cdot T} \Rightarrow m = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 0,001}{297 \cdot 273} \Rightarrow m = 0,0037\text{kg} = 3,7 \text{ gr}$$

Άρα η συνολική μάζα του αζώτου θα είναι σε αυτή την περίπτωση 3,7 γραμμάρια.

Κεφάλαιο 4**4.1. Ερωτήσεις - Ασκήσεις**

1. Τι ονομάζουμε φάσεις ή φυσικές καταστάσεις μιας ουσίας; Ποιες είναι οι φάσεις; 100
2. Ποια μεγέθη μπορούν, αν μεταβληθούν, να αλλάξουν τη φάση μιας ουσίας; 100
3. Έχουμε ένα κομμάτι πάγο θερμοκρασίας $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ σε ένα δοχείο και στο επάνω μέρος είναι ένα κινητό έμβολο που διατηρεί πάντα την πίεση στο δοχείο ίση με μια ατμόσφαιρα. Ανάμεσα στο έμβολο και στον πάγο δεν υπάρχει αέρας ή κάποιο άλλο αέριο. Θερμαίνουμε τον πάγο στο δοχείο με σταθερό ρυθμό. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους: 100, 101, 102
 1. Κατά την θέρμανση αρχικά η θερμοκρασία του πάγου αυξάνεται μέχρι να αρχίσει αυτός να τήκεται.
 2. Κατά την τήξη του πάγου η θερμοκρασία του μένει σταθερή.
 3. Λίγο πριν λιώσει όλος ο πάγος η θερμοκρασία αρχίζει να αυξάνεται.
 4. Όταν η θερμοκρασία του νερού φτάσει στους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ το νερό αρχίζει να βράζει και η θερμοκρασία του όσο βράζει αυξάνεται, αλλά με πιο αργό ρυθμό από πριν.
 5. Όταν όλο το νερό γίνει ατμός, ενώ εμείς συνεχίζουμε την θέρμανση, η θερμοκρασία του σταματά να αυξάνεται διότι έχει φτάσει τη μέγιστη τιμή της.
4. Ποια συναλλαγή θερμότητας γίνεται με το περιβάλλον όταν μια ουσία τήκεται και ποια κατά την πήξη; 102
5. Τι ονομάζουμε λανθάνουσα θερμότητα; 102
6. Πότε λέμε ότι έχουμε ατμοποίηση ενός υγρού; 103
7. Να περιγράψετε τη διαφορά του βρασμού από την εξάτμιση όσον αφορά στη δημιουργία των φυσαλίδων και στις θερμοκρασίες που γίνονται. 104
8. Πως μεταβάλλεται η θερμοκρασία ατμοποίησης με την μεταβολή της πίεσης; 105
9. Γνωρίζουμε ότι σε πίεση μιας ατμόσφαιρας (1atm) το νερό ατμοποιείται στους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ και το ψυκτικό μέσο R22 στους $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$. Να αντιστοιχίσετε τις πιέσεις της κάθε ουσίας με τη σωστή θερμοκρασία ατμοποίησης:

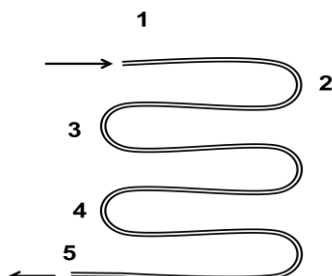
πίεση 2 atm, νερό	1	α	152 $^{\circ}\text{C}$
πίεση 5 atm, R22	2	β	120 $^{\circ}\text{C}$
πίεση 2 atm, R22	3	γ	0 $^{\circ}\text{C}$
πίεση 5 atm, νερό	4	δ	-25 $^{\circ}\text{C}$
πίεση 10 atm, R22	5	ε	180 $^{\circ}\text{C}$
πίεση 10 atm, νερό	6	ζ	22 $^{\circ}\text{C}$

Απάντηση:

1β, 2-γ, 3-δ, 4-α, 5-ζ και 6-ε. Για να απαντήσετε πρέπει να σκεφτείτε ότι επειδή οι πιέσεις όλες είναι μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική, το νερό θα βράζει πάντα σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από τους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Αντίστοιχα για το ψυκτικό R22 οι θερμοκρασίες δεν μπορεί να είναι τόσο μεγάλες, όσο του νερού.

10. Πότε ένα υγρό ονομάζεται υπόψυκτο; 107
11. Πότε ένα υγρό ονομάζεται κορεσμένο; 107
12. Πότε ο ατμός ονομάζεται κορεσμένος; 107
13. Πότε ο ατμός ονομάζεται ξηρός κορεσμένος; 107
14. Πότε ο ατμός ονομάζεται υπέρθερμος; 107
15. Τι ονομάζουμε βαθμό ξηρότητας ενός μίγματος ατμού-υγρού μιας ουσίας; 107
16. Τι ονομάζουμε λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης; 107

17. Πως μεταβάλλεται η λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης με την μεταβολή της πίεσης; 108
18. Τι ονομάζουμε λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης; 108
19. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ένας συμπυκνωτής και με τα βέλη καθορίζεται η είσοδος του ψυκτικού μέσου και η έξοδός του από αυτόν. Οι αριθμοί από το 1 ως το 5 προσδιορίζουν πέντε διαφορετικά σημεία του ψυκτικού μέσου στο συμπυκνωτή. Να αντιστοιχίσετε τους αριθμούς με την κατάσταση που θεωρείτε ότι έχει το ψυκτικό σε αυτή τη θέση.



- | | |
|---|----------------------|
| A | Υγρό + ατμός 40 °C |
| B | Ατμός 50 °C |
| Γ | Ατμός 60 °C |
| Δ | Υπόψυκτο υγρό 38 °C |
| E | Κορεσμένο υγρό 40 °C |

Απάντηση:

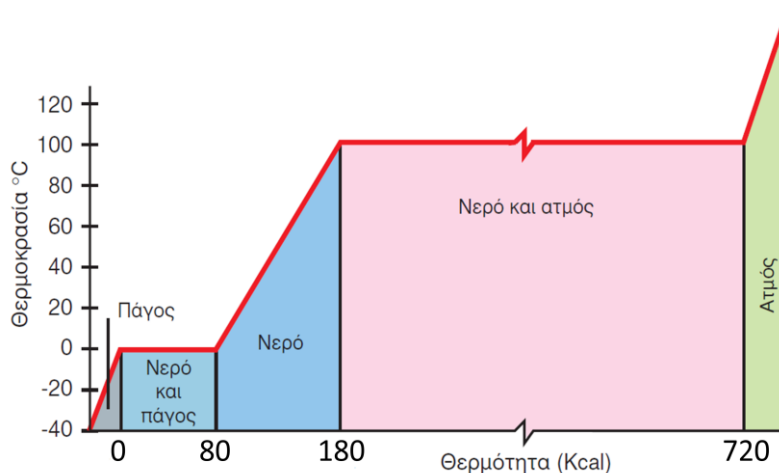
1-Γ, 2-B, 3-A, 4-E και 5-Δ.

20. Για να συμπυκνωθεί το ψυκτικό μέσο είναι απαραίτητο να το συμπιέσουμε μετά την εξατμισή του. Εξηγήστε το λόγο. 110
21. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους: 110, 111
- Μπορώ να βράσω το νερό σε θερμοκρασία 50 °C, αρκεί να μειώσω την πίεσή του.
 - Μπορώ να συμπυκνώσω ένα αέριο μειώνοντας την πίεσή του.
 - Μπορώ να συμπυκνώσω ένα αέριο μειώνοντας την πίεσή του, όση και να είναι η θερμοκρασία του.
 - Για να βράσει ένα υγρό πρέπει οπωσδήποτε να το θερμάνω.
 - Κρίσιμη ονομάζεται η θερμοκρασία που συμπυκνώνεται ένα αέριο.
22. Η κρίσιμη θερμοκρασία του αέρα είναι -141 °C. Τι καταλαβαίνουμε για την δυνατότητά μας να υγροποιήσουμε τον αέρα; 112
23. Γιατί όταν διοχετευθεί υπόψυκτο υγρό σε ένα σωλήνα με πολύ μικρή διάμετρο, το υγρό θα αρχίσει κάποια στιγμή να ατμοποιείται; 113
24. Τι ονομάζεται πήξη και τι τήξη; 114
25. Τι ονομάζεται θερμοκρασία τήξης και τι θερμοκρασία πήξης;
26. Γιατί ο κασσίτερος είναι βασικό στοιχείο των μαλακών κολλήσεων; 115
27. Τι ονομάζουμε λανθάνουσα θερμότητα τήξης; 115
28. Τι ονομάζουμε λανθάνουσα θερμότητα πήξης; 115
29. Το σχολικό βιβλίο αναφέρει στη σελίδα 102: Στο πείραμα του Σχ. 4.1, το οποίο έγινε υπό πίεση 1 atm, χρειάζονται για κάθε kg της ουσίας H₂O, 80 kcal για να μετατραπεί από πάγο 0 °C σε νερό 0 °C, 100 kcal για να μετατραπεί από νερό 0 °C σε νερό 100 °C και 540 kcal για να μετατραπεί από νερό 100 °C σε ατμό 100 °C.
- Σε αυτό το πείραμα, αν δώσουμε από την αρχή σε 1 kg πάγο με θερμοκρασία 0 °C 250 kcal θερμότητας, ποια θα είναι η κατάσταση του πάγου μετά τη θέρμανση;
 - Αν έχουμε 3 kg νερό 0 °C και δώσουμε σε αυτό 1800 kcal, να εξηγήσετε σε τι κατάσταση θα φτάσει το νερό.
 - Αν έχουμε 2 kg πάγο με θερμοκρασία 0 °C, πόση αισθητή θερμότητα θα χρειαστεί για να γίνει όλος ατμός 100 °C;
 - Αν έχουμε 1 kg πάγο με θερμοκρασία 0 °C και του προσδώσουμε 150 kcal θερμότητας, ποια θα είναι η κατάσταση του πάγου μετά τη θέρμανση;

Στις απαντήσεις σας να θεωρήσετε ότι η ειδική θερμότητα του νερού (σε κάθε φάση χωριστά) είναι σταθερή σε όλο το φάσμα θερμοκρασιών της θέρμανσης.

Απάντηση:

Για να διευκολύνουμε τη λύση του προβλήματος μεταφέρουμε εδώ το διάγραμμα της σελίδας 119 του σχολικού βιβλίου για τις μεταβολές του νερού. Μόνο που έχουμε κάνει μια αλλαγή: ξεκινάμε την αρίθμηση της θερμότητας που δίνουμε στο νερό (το σημείο 0 kcal δηλαδή) από τη θερμοκρασία 0 °C 1 kg πάγου. Προσθέτουμε την αντίστοιχη θερμότητα σε κάθε μεταβολή και έχουμε τις τιμές που έχουμε σημειώσει στον οριζόντιο άξονα.



1. Αν έχουμε 1 kg πάγο και αρχίσουμε τη θέρμανσή του, τα πρώτα 80 kcal θα τον μετατρέψουν σε νερό 0 °C. Τα επόμενα 100 kcal θα δοθούν για να πάει το νερό από τους 0 °C στους 100 °C. Τότε το νερό θα αρχίσει να βράζει. Έχουμε ήδη δώσει τα 180 kcal και μένουν άλλα 70 kcal μέχρι τα 250. Για να βράσει όλο το νερό χρειάζονται 540 kcal, που δεν τα έχουμε. Άρα με τα 80 kcal που έχουμε στη διάθεσή μας το νερό θα αρχίσει να βράζει. Η ποσότητα της θερμότητας που δίνουμε είναι ανάλογη της ποσότητας του νερού που εξατμίζεται. Επομένως θα ισχύει η αναλογία:

$$\frac{80kcal}{540kcal} = \frac{x}{1000gr} \Rightarrow x = \frac{80kcal \cdot 1000gr}{540kcal} \Rightarrow x = 148gr$$

Δηλαδή από το ένα κιλό νερού θα έχουμε εξατμιστεί τα 148 γραμμάρια.

2. Αν έχουμε τρία κιλά νερό και δώσουμε μια ποσότητα θερμότητας είναι σα να έχουμε ένα κιλό νερό και να δίνουμε τρεις φορές λιγότερη θερμότητα, δηλαδή στην περίπτωση μας (1800/3=) 600 kcal. Θα εργαστούμε όπως στο πρώτο ερώτημα: Το νερό είναι θερμοκρασίας 0 °C, άρα στο προηγούμενο σχήμα ξεκινάμε από το σημείο με τα 80 kcal. Για να τελειώσει ο βρασμός του νερού χρειαζόμαστε 100+540=640 kcal. Εμείς διαθέτουμε μόνο 600 kcal, άρα πάλι δε θα εξατμιστεί όλο το νερό. Από τις 540 που χρειαζονται μας έχουν μείνει οι (600-100=) 500 kcal. Για να υπολογίσουμε την ποσότητα που έχει εξατμιστεί θα κάνουμε την ίδια αναλογία:

$$\frac{500kcal}{540kcal} = \frac{x}{1000gr} \Rightarrow x = \frac{500kcal \cdot 1000gr}{540kcal} \Rightarrow x = 926gr$$

Άρα θα έχουν εξατμιστεί τα 926 γραμμάρια. Αυτό το αποτέλεσμα θα είχαμε αν η ποσότητα του νερού ήταν ένα κιλό. Τώρα που είναι τρία κιλά, θα έχουμε και τρεις φορές περισσότερη ποσότητα νερού που έχει εξατμιστεί: 926x3=2778 γραμμάρια νερού έχουν εξατμιστεί.

3. Η αισθητή θερμότητα είναι εκείνη που δίνουμε για να ζεσταθεί το νερό από τους 0 στους 100 °C και είναι 100 kcal. Η θερμότητα των άλλων δύο μεταβολών (στην αρχή λιώσιμο του πάγου και στο τέλος βράσιμο του νερού) είναι λανθάνουσα. Επειδή όμως είναι δυο κιλά πάγου η θερμότητα θα είναι διπλάσια: 200 kcal.

4. Τα πρώτα 80 kcal θα δοθούν για να μετατραπεί ο πάγος σε νερό 0 °C (λανθάνουσα θερμότητα), και τα υπόλοιπα 70 kcal για να ανέβει η θερμοκρασία του νερού. Εννοείται ότι δεν αρκούν για να αρχίσει να βράζει. Και επειδή η ειδική θερμότητα του νερού είναι ίδια σε όλη τη

διαδικασία της θέρμανσης, μπορούμε να πούμε ότι για αύξηση κάθε ενός βαθμού χρειάζεται και ένα kcal (ο ορισμός της χιλιοθερμίδας). Επομένως θα φτάσει σε νερό θερμοκρασίας 70 °C.

30. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί στη χύτρα με βαλβίδα το φαγητό μαγειρεύεται πιο γρήγορα;

Απάντηση:

Αρχικά πρέπει να καταλάβουμε για ποιο λόγο ένα φαγητό θα μαγειρευτεί (θα γίνει) πιο γρήγορα. Η απάντηση είναι η εξής: θα μαγειρευτεί πιο γρήγορα σε όσο πιο μεγάλη θερμοκρασία τοποθετηθεί. Γι αυτό στο φούρνο, αν θέλουμε να ψηθεί πιο γρήγορα το ψητό, ανεβάζουμε τη θερμοκρασία. Βέβαια σε κάθε τέτοια περίπτωση υπάρχει ο φόβος το φαγητό να καεί ή απλά να κολλήσει. Συνεπώς, αυτό που ζητάμε στη χύτρα είναι να ανεβάσουμε τη θερμοκρασία που μαγειρεύεται το φαγητό.

Αν η χύτρα δεν είχε τη βαλβίδα και το φαγητό μαγειρευόταν σε πίεση μιας ατμόσφαιρας (όπως στην ανοικτή κατσαρόλα ή στη απλά σκεπασμένη) η θερμοκρασία του θα ήταν σταθερά κοντά στους 100 °C, που είναι η θερμοκρασία βρασμού του νερού. Έτσι θα μαγειρευόταν στον συνήθη χρόνο. Με τη βαλβίδα στη χύτρα ρυθμίζεται η πίεση (πχ. 2 ατμόσφαιρες) που θα ανοίξει αυτή ώστε να φύγει ο ατμός. Όμως, μέχρι να ανοίξει η βαλβίδα θα πρέπει ο ατμός μέσα στο σκεύος πρώτα να φτάσει τις 2 ατμόσφαιρες και η θερμοκρασία του φαγητού θα πρέπει πρώτα να ανέβει στους 120 °C περίπου. Άρα όσο θερμαίνουμε τη χύτρα, το φαγητό θα βρίσκεται σε θερμοκρασία πολύ μεγαλύτερη από τους 100 °C και θα μαγειρευτεί πιο γρήγορα.

Πρακτικά, όταν αρχίσουμε τη θέρμανση στην κλειστή χύτρα, η θερμοκρασία θα ανεβαίνει σταθερά μέχρι τους 100 °C περίπου, όπου και επειδή η πίεση είναι ακόμα μια ατμόσφαιρα, θα αρχίσει να βράζει. Όμως ο ατμός δεν θα μπορεί να φύγει από το σκεύος (γιατί η βαλβίδα δεν έχει ανοίξει ακόμα αφού η πίεση είναι χαμηλότερη από τις δυο ατμόσφαιρες) και θα μαζεύεται πάνω από το ζουμί του φαγητού. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια να αυξάνεται η πίεση, μέχρι τις δύο ατμόσφαιρες που η βαλβίδα θα ανοίξει. Τότε η θερμοκρασία θα είναι 120 °C. Και θα συνεχίσει να είναι τόσο κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος.

31. Να εξηγήσετε γιατί στην κορυφή του Έβερεστ δε θα μπορούσατε να μαγειρέψετε εύκολα.

Απάντηση:

Στην κορυφή του Έβερεστ, η πίεση είναι περίπου το 30% της ατμοσφαιρικής, δηλαδή είναι περίπου 0,3 bar. Από τον πίνακα 4.2 του σχολικού βιβλίου βλέπουμε ότι σε αυτή την πίεση το νερό βράζει περίπου στους 70 °C. Άρα μια κατσαρόλα δε θα ανέβαζε ποτέ τη θερμοκρασία πολύ πάνω από αυτή τη θερμοκρασία και θα περιμέναμε αρκετό χρόνο μέχρι οποιοδήποτε φαγητό να μαλακώσει.

Όμως αν είχαμε εκεί μια χύτρα, το φαγητό θα μαγειρευόταν σε χρόνο αντίστοιχο με εκείνον στην επιφάνεια της θάλασσας.

32. Να εξηγήσετε γιατί δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το νερό ως ψυκτικό ρευστό στα ψυγεία και στα κλιματιστικά.

Απάντηση:

Οι θερμοκρασίες που επιθυμούμε στα ψυκτικά και στα κλιματιστικά μηχανήματα είναι κοντά ή και κάτω από το 0 °C. Για να έχουμε με το νερό τέτοια επίπεδα θερμοκρασιών, πρέπει η πίεσή του να είναι πολύ χαμηλά. Θα ήταν πολύ δύσκολο να έχουμε τέτοια μηχανήματα. Να κατεβάζουν δηλαδή την πίεση πολύ πιο κάτω από την ατμοσφαιρική. Για παράδειγμα για να βράζει το νερό στους 0 °C πρέπει η πίεση να είναι περίπου στα 0,006 bar. Σε μεγαλύτερες πιέσεις και χαμηλές θερμοκρασίες το νερό θα είχε τον κίνδυνο να γίνει πάγος και να φράξουν οι σωληνώσεις.

Θα μπορούσε το νερό να χρησιμοποιηθεί σε ένα πλανήτη, όπως η Αφροδίτη, που οι θερμοκρασίες είναι περίπου 300 °C. Εκεί μια θερμοκρασία 100 °C θα ήταν αρκετά δροσερή.

33. Σε ένα χώρο τοποθετούμε ένα δοχείο με ένα χιλιόγραμμο νερό και αρχίζουμε να το θερμαίνουμε μέχρι να αρχίζει να βράζει. Ποιος είναι ο βαθμός ξηρότητας εκείνη τη στιγμή; Κατόπιν συνεχίζουμε τη θέρμανση ακόμα περισσότερο. Σταματάμε τη θέρμανση όταν στο δοχείο έχουν μείνει 300 γραμμάρια νερό. Αν θεωρήσουμε ότι στο χώρο του δοχείου υπάρχει μόνο ο υδρατμός που προήλθε από τον βρασμό που κάναμε, να βρείτε τον καινούργιο βαθμό ξηρότητας. Κατόπιν συνεχίζουμε τη θέρμανση μέχρι να εξατμιστεί όλο το νερό. Ποιος είναι ο βαθμός ξηρότητας στο τέλος του βρασμού;

Απάντηση:

Ας θυμηθούμε τον ορισμό του βαθμού ξηρότητας: Έχουμε μια αρχική μάζα νερού m_{va} , την οποία αρχίζουμε να θερμαίνουμε. Το νερό αρχίζει να βράζει και εξατμίζεται σιγά-σιγά. Αν κάποια στιγμή υπολογίσουμε τη μάζα του ατμού ίση με m_a τότε ο βαθμός ξηρότητας είναι το πηλίκο της μάζας του ατμού m_a προς το σύνολο της μάζας υγρού και ατμού m_{va} (την αρχική μάζα του νερού δηλαδή, ατμός δεν υπήρχε). Επειδή όμως εκφράζεται σαν ποσοστό, θα πρέπει να μετατρέψουμε τον αριθμό που θα προκύψει από τη διαίρεση σε επί τοις εκατό ποσοστό. Αν δηλαδή προκύψει 0,6 τότε έχουμε βαθμό ξηρότητας 60%. Θα μπορούσαμε να δώσουμε ένα τύπο (το βιβλίο δεν δίνει): $\xi = \frac{m_a}{m_{va}}$

Ας απαντήσουμε τώρα στις τρεις ερωτήσεις:

1. Τη στιγμή που αρχίζει το νερό να βράζει δεν υπάρχει καθόλου ατμός, άρα $m_a=0$ και το κλάσμα θα είναι μηδέν. Επομένως ο βαθμός ξηρότητας είναι 0% (δεν έχουμε ατμό, αλλά μόνο κορεσμένο νερό).

2. Όταν θα έχουν μείνει 300 gr νερού στο δοχείο, θα έχουμε $1000-300=700$ gr ατμού στο χώρο, άρα: $\xi = \frac{m_a}{m_{va}} \Rightarrow \xi = \frac{700}{1000} \Rightarrow \xi = 0,7$ άρα $\xi = 70\%$

3. Όταν τελειώσει ο βρασμός, νερό δεν υπάρχει και όλη η ποσότητα έχει γίνει κορεσμένος ατμός. Δηλαδή έχουμε 1000 gr ατμού, όση και η αρχική ποσότητα νερού. Δηλαδή αριθμητής (1000 gr) και παρονομαστής (m_{va}) είναι ίσοι, επομένως ο βαθμός ξηρότητας ισούται με τη μονάδα ή 100%.

34. Σε ένα χώρο θερμοκρασίας 25 °C και πίεσης μιας ατμόσφαιρας λειτουργεί μηχανήμα κλιματισμού. Στο χώρο αυτό φέρνουμε ένα δοχείο με νερό θερμοκρασίας 25 °C και μάζας 20 kg. Αρχίζουμε να το θερμαίνουμε και μετά από κάποια ώρα έχουν εξατμιστεί τα 5 kg από τα αρχικά 20 kg του νερού. Κατόπιν, αφήνουμε το νερό που είναι σε θερμοκρασία 100 °C να επανέλθει στη θερμοκρασία 25 °C. Αυτό γίνεται σε μια ώρα. Τότε παρατηρούμε ότι η υγρασία και θερμοκρασία του χώρου δεν έχουν αλλάξει. Να υπολογίσετε το επί πλέον φορτίο (αισθητό και λανθάνον) που προσέθεσε η ψύξη του νερού στους 25 °C και η υγροποίηση του ατμού που παρήχθη. Υποθέτουμε ότι όλη η ποσότητα του ατμού υγροποιήθηκε στη μια ώρα που κράτησε η ψύξη του νερού. Κατά τη διάρκεια του πειράματος η θερμοκρασία του χώρου είναι 25 °C.

Απάντηση:

Προφανώς η ψύξη του νερού (από τους 100 °C στους 25 °C) προσέθεσε αισθητό φορτίο (θερμότητα) στο χώρο, ενώ η υγροποίηση των ατμών προσέθεσε λανθάνον (πάλι θερμότητα). Το αισθητό είναι η θερμότητα που έδωσε το νερό (15 kg) στο χώρο για να αλλάξει θερμοκρασία από τους 100 °C που είχε στους 25 °C στους οποίους επανήλθε. Λανθάνον είναι το φορτίο που πρόσθεσαν τα 5 kg ατμού για να μετατραπούν από ατμός 100 °C σε νερό 100 °C. Κατόπιν η ποσότητα του ατμού από νερό 100 °C σε νερό 25 °C πρόσθεσε πάλι αισθητό φορτίο. Άρα ουσιαστικά είχαμε αισθητό φορτίο από 20 kg νερό (τα 15 συν τα 5 από τον ατμό) για τη μετατροπή τους από 100 °C στους 25 °C και λανθάνον από 5 kg ατμού να γίνουν νερό.

Σύμφωνα με όσα γράφονται στο τέλος της σελίδας 102 του σχολικού βιβλίου, σε πίεση μιας ατμόσφαιρας κάθε κιλό νερού απαιτεί 1 kcal για αλλαγή της θερμοκρασίας του κατά 1 °C (αφού 1 κιλό απαιτεί 100 kcal για να αλλάξει θερμοκρασία κατά 100 °C). Άρα τα 20 κιλά νερό θέλουν 20 kcal για κάθε βαθμό Κελσίου αλλαγή στη θερμοκρασίας τους. Η θερμοκρασία του μεταβλήθηκε κατά 75 °C, άρα η συνολική αισθητή θερμότητα ήταν: $20 \cdot 75 = 1500$ kcal. Επειδή η μεταβολή έγινε σε μια ώρα το αισθητό φορτίο ήταν 1500 kcal/h.

Για το λανθάνον φορτίο του νερού στην ίδια σημείωση αναφέρεται ότι κάθε κιλό νερού απαιτεί 540 kcal για να μετατραπεί σε ατμό, άρα θα ισχύει και το αντίστροφο. Τα 5 kg θα απαιτούν: $5 \cdot 540 = 2700$ kcal. Και το λανθάνον φορτίο θα είναι 2700 kcal/h.

Το συνολικό φορτίο στο χώρο ήταν $1500 + 2700 = 4200$ kcal.

35. Με τις τιμές του πίνακα 4.2 στη σελίδα 105, να κάνετε ένα διάγραμμα πίεσης – θερμοκρασίας, στο οποίο να φαίνεται η μεταβολή της θεοκρασίας βρασμού του νερού με την πίεση.

Απάντηση:

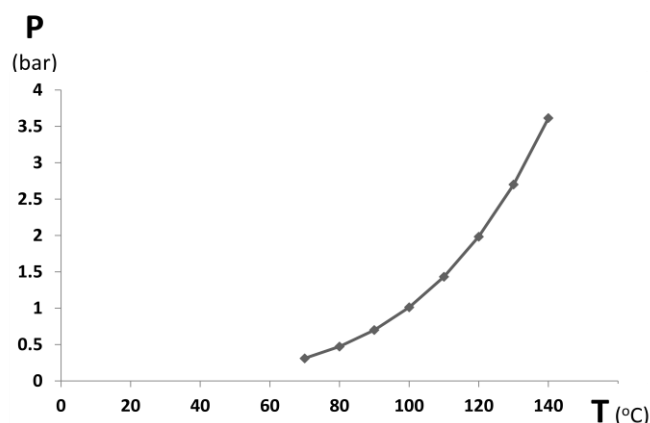
Αντιγράφουμε εδώ τις τιμές του πίνακα και μετά κάνουμε το διάγραμμα που ζητείται: στον κατακόρυφο άξονα τοποθετούμε την πίεση και επειδή οι τιμές της στον πίνακα κυμαίνονται από περίπου το μηδέν μέχρι το τέσσερα, βάζουμε στον άξονα αυτή τη διακύμανση τιμών με διάστημα μισής μονάδας (μισό bar) μεταξύ τους.

Στον οριζόντιο άξονα βάζουμε την θερμοκρασία, ξεκινώντας από το μηδέν για να φανεί καλύτερα η ευκολία (δηλαδή όχι υψηλές θερμοκρασίες) στην εξάτμιση του νερού σε χαμηλές πιέσεις.

Από τις τιμές του πίνακα, αλλά από το διάγραμμα φαίνεται καλύτερα, ότι όσο μεγαλώνει η πίεση τόσο δυσκολότερα βράζει το νερό. Φυσικά ισχύει και (αντιστρόφως) ότι υπό μια συγκεκριμένη θερμοκρασία υπάρχει και η αντίστοιχη πίεση που αν συμπιέσουμε τους υδρατμούς θα υγροποιηθούν. Για παράδειγμα σε μικρή πίεση 0,312 bar, αν την αυξήσουμε κατά $(0,474-0,312=0,162)$ 0,162 bar η θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά $(80-70=10)$ 10 °C. Όμως στη μεγάλη πίεση των 2,701 bar για να αυξηθεί πάλι η θερμοκρασία κατά 10 °C, απαιτείται αύξηση στην πίεση όχι μόνο 0,162 bar αλλά $(3,614-2,701=0,913)$ 0,913 bar. Δηλαδή η πίεση πρέπει να αυξηθεί κατά σχεδόν 6 φορές σε σχέση με τη χαμηλότερη.

Και βέβαια αυτό δεν μπορεί να γίνεται επ' άπειρον. Πέρα από την κρίσιμη θερμοκρασία (374 °C), όπου αντιστοιχεί (κρίσιμη) πίεση 221,6 bar, δεν μπορεί να γίνει συμπύκνωση του νερού, όσο και να συμπιέσουμε.

ΠΙΕΣΗ (bar)	0,312	0,474	0,701	1,013	1,433	1,985	2,701	3,614
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΒΡΑΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ (°C)	70	80	90	100	110	120	130	140



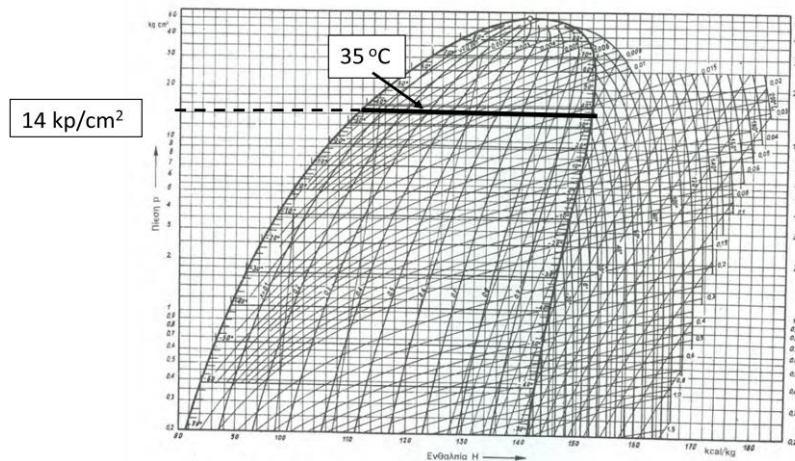
Κεφάλαιο 4

4.2. Ερωτήσεις - Δραστηριότητες σχολικού βιβλίου

1. Σε μια ψυκτική εγκατάσταση που λειτουργεί με ψυκτικό μέσο R12 η συμπύκνωση γίνεται στους 35 °C. Ποια είναι η πίεση συμπύκνωσης;

Απάντηση:

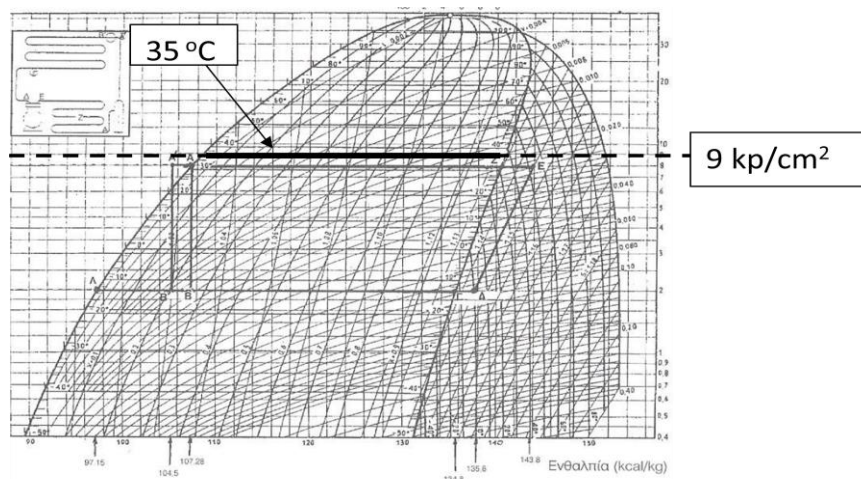
Μάλλον η άσκηση εννοεί το ψυκτικό μέσο R22, για το οποίο έχει διάγραμμα το σχολικό βιβλίο, διότι για το μέσον R12 δεν έχει. Το επόμενο διάγραμμα για το R22 πήραμε από τη σελίδα 382 του βιβλίου και βλέπουμε ότι στη θερμοκρασία των 35 °C αντιστοιχεί πίεση 14 kp/cm^2 .



Στο επόμενο διάγραμμα (που βρήκαμε από το διαδίκτυο) φαίνεται η πίεση που αντιστοιχεί σε 35 °C για το ψυκτικό μέσο R12 όπου βλέπουμε ότι η πίεση είναι 9 kp/cm^2 .

Οι πιέσεις αυτές είναι απόλυτες.

Δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον πίνακα 4.3 της σελίδας 110 του σχολικού βιβλίου γιατί δεν δίνει την πίεση στους 35 °C. Όμως από τον πίνακα 7 στη σελίδα 380 του σχολικού βιβλίου, μπορούμε να δούμε την πίεση που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία 35 °C και είναι 8,64439 kp/cm^2 . Βλέπουμε ότι η τιμή του πίνακα διαφέρει από την τιμή που προσδιορίσαμε από το διάγραμμα. Το σωστό είναι η τιμή του πίνακα. Στα διαγράμματα πάντα υπάρχει το περιθώριο λάθους, εκτός αν είναι μεγάλα και καθαρά. Και εμείς φυσικά είμαστε πολύ προσεκτικοί.



2. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ εξάτμισης και βρασμού;

Απάντηση:

Η βασική διαφορά είναι ότι η εξάτμιση γίνεται (σχεδόν) σε οποιαδήποτε θερμοκρασία, χωρίς να εξαρτάται μόνο από την πίεση του περιβάλλοντος. Ο βρασμός για μια συγκεκριμένη πίεση γίνεται σε ορισμένη θερμοκρασία, τη θερμοκρασία βρασμού ή ζέσης.

Η άλλη διαφορά που αναφέρει το βιβλίο είναι ότι η εξάτμιση γίνεται με παρουσία φυσαλίδων στην επιφάνεια του υγρού, ενώ ο βρασμός σε όλη τη μάζα του νερού.

3. Τι είναι η θερμοκρασία ατμοποίησης και από ποιους παράγοντες εξαρτάται;

Απάντηση:

Θερμοκρασία ατμοποίησης είναι η θερμοκρασία βρασμού (στην οποία βράζει δηλαδή) ενός υγρού και εξαρτάται εκτός από το είδος του υγρού και από την πίεση στην οποία γίνεται ο βρασμός.

4. Πολλές φορές η νοικοκυρά δυναμώνει τη φλόγα κάτω από τη χύτρα που βράζει, για να γίνει το φαγητό γρηγορότερα. Είναι σωστή αυτή η ενέργεια;

Απάντηση:

Από τη στιγμή που βράζει το φαγητό στην χύτρα, η θερμοκρασία είναι καθορισμένη και δεν αυξάνεται αν δυναμώσουμε την ένταση της φλόγας. Αυτό συμβαίνει γιατί η θερμοκρασία βρασμού εξαρτάται μόνο από την πίεση και αυτή δεν αλλάζει, αφού την έχουμε ρυθμίσει με τη βαλβίδα της χύτρας. Η αλήθεια είναι ότι αν δυναμώσει τη φωτιά, τότε στη βάση της χύτρας θα είναι αυξημένη η θερμοκρασία και το αποτέλεσμα θα είναι να έρχεται σε επαφή το φαγητό με υψηλότερη θερμοκρασία. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια να μαγειρευτεί γρηγορότερα, αλλά ενέχει τον κίνδυνο να καεί!

5. Ποιος είναι ο ρόλος του συμπιεστή σε μια ψυκτική εγκατάσταση;

Απάντηση:

Η απάντηση θα δοθεί σύμφωνα με όσα αναφέρει το σχολικό βιβλίο στο τέταρτο κεφάλαιο, αφού η άσκηση που έχουμε ανήκει σε αυτό. Όταν όμως ο μαθητής δίνει εξετάσεις στο τέλος της χρονιάς πρέπει να απαντήσει στο ερώτημα με όσα υπάρχουν σε όλο το βιβλίο, δηλαδή και στα άλλα κεφάλαια.

Στη σελίδα 110 αναφέρεται ότι ο συμπιεστής εξυπηρετεί τον ψυκτικό κύκλο ανεβάζοντας την πίεση του ψυκτικού μέσου, ώστε να γίνει η συμπύκνωση (με ψύξη) σε περιβάλλον κανονικών θερμοκρασιών περιβάλλοντος. Επίσης στο τέλος της σελίδας 111 αναφέρει ότι ο συμπιεστής έχει και ως σκοπό την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου στο κύκλωμα, που φυσικά είναι απαραίτητη.

Συμπληρωματικά θα πρέπει να πούμε ότι οι συμπιεστές, ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης, εξασφαλίζουν μια συγκεκριμένη και επιθυμητή διαφορά πίεσης μεταξύ αναρρόφησης και κατάθλιψης.

6. Είναι δυνατό να βράσει το νερό χωρίς να το θερμάνουμε;

Απάντηση:

Γνωρίζουμε ότι η θερμοκρασία βρασμού εξαρτάται από την πίεση στην επιφάνεια του υγρού. Και μάλιστα όσο μειώνουμε την πίεση, αυτή η θερμοκρασία βρασμού μειώνεται επίσης. Άρα, αν τοποθετήσουμε το νερό με θερμοκρασία περιβάλλοντος σε μια φιάλη και μειώσουμε την πίεση σε αυτήν, τότε όταν η πίεση φτάσει σε μια συγκεκριμένη τιμή, το νερό θα βράζει αφού θα έχει φτάσει στην αντίστοιχη θερμοκρασία ατμοποίησης.

Μπορείτε στο εργαστήριο να κάνετε το εξής πείραμα: πάρτε ένα γυάλινο μπουκάλι και βάλτε νερό μέχρι ας πούμε την μέση. Μετά να προσαρμόσετε στο στόμιο του ένα σωλήνα πλαστικό τον οποίο στην άκρη μπορείτε να συνδέσετε με ένα μικρό χαλκοσωλήνα που θα μπορούσε να συνδεθεί μια κάσα μανομέτρων. Αν συνδέσετε στην κατασκευή σας μια αντλία κενού, και την εκκινήσετε, θα δείτε μετά από λίγο να βγαίνουν φυσαλίδες από το νερό: έχει αρχίσει να βράζει στην θερμοκρασία που βρισκόταν αρχικά, αφού δεν έχει αλλάξει. Να προσέξετε όμως γιατί η αντλία αναρροφά υδρατμούς και θα αναμειχθούν με το λιπαντικό λάδι της. Αυτό θα είναι ένα πρόβλημα.

7. Τι ποσό θερμότητας πρέπει να δοθεί σε 2,5 kg κορεσμένου υγρού ψυκτικού μέσου R12 για να ατμοποιηθεί υπό πίεση 4 bar;

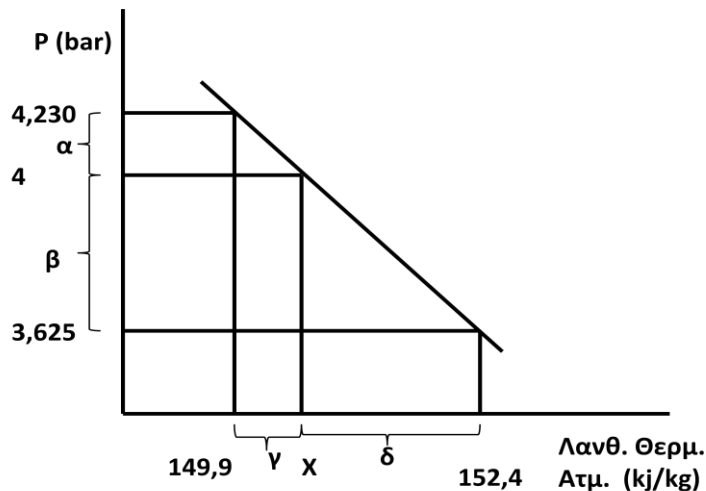
Απάντηση:

Στον πίνακα της σελίδας 110 για το ψυκτικό R12 δίνεται η λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης που ως γνωστόν είναι ίση με την λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης (για τις

ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης). Για την πίεση των 4 bar δεν δίνει την τιμή αλλά με γραμμική παρεμβολή βρίσκουμε ότι για τα 4 bar (η θερμοκρασία βρασμού είναι 8 °C) η λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης είναι 150,85 kJ/kg. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε κιλό κορεσμένου υγρού ψυκτικού μέσου R12 πρέπει να δοθούν 150,85 kJ θερμότητας για να ατμοποιηθεί. Άρα για τα 2,5 kg απαιτούνται $2,5 \times 150,85 = 378,625$ kJ.

Η γραμμική παρεμβολή που αναφέρθηκε πριν είναι μια λίγο πολύπλοκη μαθηματική διαδικασία, που εδώ μπορεί να παραληφθεί και απλά να πούμε ότι από τον πίνακα μπορούμε να πούμε ότι η λανθάνουσα θερμότητα είναι προσεγγιστικά περίπου 150 kJ/kg. Αυτό συμπεραίνεται από το ότι για 4,230 bar είναι 149,9 kJ/kg ενώ για πίεση 3,625 bar είναι 152,4 kJ/kg. Επομένως ανάμεσα στα νούμερα 149,9 και 152,4 θα βρίσκεται η τιμή που ψάχνουμε.

Για μια μαθηματική όμως προσέγγιση, ας δούμε το επόμενο διάγραμμα. Σε αυτό έχουμε τοποθετήσει τις τιμές που μας ενδιαφέρουν για την πίεση και την λανθάνουσα θερμότητα.



Το σημείο X του οριζόντιου άξονα είναι η τιμή που ψάχνουμε. Τα τμήματα των αξόνων α, β, γ και δ, μας δίνουν την επόμενη σχέση αναλογίας:

$$\begin{aligned} \frac{\alpha}{\beta} &= \frac{\gamma}{\delta} \Rightarrow \frac{4,230 - 4}{4 - 3,625} = \frac{X - 149,9}{152,4 - X} \Rightarrow (4,230 - 4) \cdot (152,4 - X) = (X - 149,9) \cdot (4 - 3,625) \Rightarrow \\ &\Rightarrow 0,23 \cdot (152,4 - X) = (X - 149,9) \cdot 0,375 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 35,052 - 0,23 \cdot X = 0,375 \cdot X - 56,2125 \Rightarrow 35,052 + 56,2125 = 0,23 \cdot X + 0,375 \cdot X \Rightarrow \\ &\Rightarrow 0,605 \cdot X = 91,2645 \Rightarrow X = \frac{91,2645}{0,605} \Rightarrow X = 150,85 \end{aligned}$$

Βρίσκουμε την τιμή που αναμενόταν.

Ένας άλλος τρόπος για να λύσουμε την άσκηση, είναι με την χρήση του πίνακα 7 στη σελίδα 380, που δίνονται αρκετά χαρακτηριστικά για το ψυκτικό R12. Στη στήλη με τις ενθαλπίες, δίνει για κάθε συνδυασμό πίεσης – θερμοκρασίας, την ενθαλπία του κορεσμένου υγρού, την ενθαλπία του κορεσμένου αερίου και στην μεσαία στήλη μεταξύ των δύο αυτών δίνει τη διαφορά τους. Αυτή η διαφορά είναι η λανθάνουσα θερμότητα που απαιτείται για να μετατραπεί το υγρό σε αέριο και το αντίστροφο. Η πίεση των 4 bar δεν υπάρχει στον πίνακα, όμως υπάρχει η τιμή για τα 4,06 kg/cm². Από τον πίνακα της σελίδας 63 βρίσκουμε ότι 4,06 kg/cm² = 0,9807 · 4,06 = 3,98 bar ≈ 4 bar. Από τον πίνακα βρίσκουμε τη λανθάνουσα θερμότητα για αυτή την τιμή ίση με 35,209 kcal/kg. Εμείς όμως θέλουμε την τιμή αυτή σε μονάδες kJ/kg. Γι αυτό πολλαπλασιάζουμε με το συντελεστή 4,186 (μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας, σελίδα 67 του σχολικού βιβλίου). Έχουμε: 35,209 kcal/kg · 4,186 kJ/kcal = 147,4 kJ/kg.

Βρήκαμε μια τιμή πολύ κοντά στην τιμή (150,85 kJ/kg) που βρήκαμε με την προηγούμενη μέθοδο. Το ότι δεν είναι ίδιες οι τιμές οφείλεται στο ότι με τις μεθόδους αυτές γίνονται πολλές προσεγγίσεις και ενδέχεται οι τιμές να διαφέρουν. Ως μηχανικοί που σκοπεύετε να γίνετε, αυτό θα είναι μια καθημερινότητα. Εσείς θα πρέπει να ελέγχετε αν το αποτέλεσμα είναι στα όρια του επιτρεπτού λάθους. Επίσης στην πρώτη μέθοδο κάναμε γραμμική παρεμβολή, θεωρώντας ότι

η μεταβολή από την μια πίεση στην άλλη είναι γραμμική, αλλά ενδέχεται να μην είναι. Ασφαλέστερη μέθοδος, πάντως, είναι η χρήση λεπτομερών πινάκων.

8. Στα ψυγεία των ατμομηχανών (βλ. Κεφάλαιο 2, §2.11) γίνεται συμπύκνωση των υδρατμών. Εκεί οδηγούνται οι ατμοί μετά το πέρασμά τους από τη μηχανή. Μέσα στο ψυγείο συχνά επικρατεί πίεση χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική. Φανταστείτε ένα τέτοιο ψυγείο, στο οποίο έχουμε πίεση 0,7 atm. Σε ποια θερμοκρασία γίνεται η συμπύκνωση των ατμών;

Απάντηση:

Από τον πίνακα 4.2 της σελίδας 105 του σχολικού βιβλίου βλέπουμε ότι για πίεση 0,701 bar η συμπύκνωση των υδρατμών γίνεται στους 90 °C. Επειδή τα bar και η atm είναι σχεδόν ίδια μεγέθη, θα μπορούσαμε να πούμε με καλή προσέγγιση ότι η συμπύκνωση γίνεται στους 90 °C.

Αν θέλουμε ακρίβεια θα πρέπει να μετατρέψουμε τις 0,7 atm σε bar (σελίδα 63 του βιβλίου). Θα έχουμε:

$$0,7 \cdot 0,9869 = 0,69083 \text{ bar}$$

Τώρα πάλι ή θα πρέπει να κάνουμε γραμμική παρεμβολή ή να δεχτούμε τους 90 °C. Αλλά και με την γραμμική παρεμβολή το αποτέλεσμα θα είναι πολύ κοντά σε αυτή την τιμή.

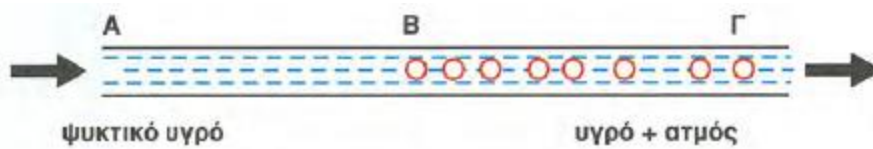
9. Η φιάλη του επόμενου σχήματος ήταν ανοιχτή και βράσαμε σ' αυτή νερό για αρκετή ώρα, έτσι ώστε να εκδιωχθεί όλος ο αέρας που υπήρχε πάνω από το νερό μέσα στη φιάλη. Στη συνέχεια σταματήσαμε να θερμαίνουμε, της βάλουμε πώμα και την αναστρέψαμε. Ρίχνοντας νερό πάνω στη φιάλη παρατηρούμε ότι το νερό, μέσα στη φιάλη, αρχίζει πάλι να βράζει. Πως εξηγείται το φαινόμενο αυτό;



Απάντηση:

Όταν ρίχνουμε το νερό πάνω στη φιάλη, το νερό ψύχει τον ατμό που προφανώς βρίσκεται στο επάνω μέρος. Και το νερό που βρίσκεται πιο κάτω ψύχεται αλλά σε μικρότερο βαθμό αφού έχει μεγαλύτερη μάζα από τον ατμό. Ο ατμός που ψύχεται ασφαλώς μειώνει την πίεσή του. Δηλαδή η πίεση στην επιφάνεια του νερού της φιάλης έχει μειωθεί απότομα. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να έχει μειωθεί και η θερμοκρασία βρασμού του νερού. Για παράδειγμα αν το νερό ήταν σε θερμοκρασία 100 °C ο βρασμός του σταμάτησε αφού και ο ατμός ήταν στην ίδια θερμοκρασία και δεν προσθέταμε καθόλου θερμότητα στη φιάλη. Όταν όμως ψύχθηκε ο ατμός, η πίεσή του έπεσε στα 0,7 bar, ως πούμε. Σε αυτή την πίεση το νερό βράζει στους 90 °C, σύμφωνα με τον πίνακα 4.2 του βιβλίου. Αφού όμως το νερό έχει θερμοκρασία λίγο λιγότερη από τους 100 °C, αλλά πάντως αρκετά πάνω από τους 90 °C, αναγκαστικά θα αρχίσει να βράζει. Για λίγο βέβαια, αφού με λίγο ατμό που θα δημιουργηθεί από το βράσιμο, θα ανέβει πάλι η πίεση του ατμού στο 1 bar και θα πρέπει να πάει το νερό στους 100 °C για να αρχίσει πάλι ο βρασμός.

10. Στο σημείο A του τριχοειδούς σωλήνα του επόμενου σχήματος εισέρχεται υγρό ψυκτικό μέσο R134a, θερμοκρασίας 25 °C. Υπολογίστε την πίεση του ρευστού τη στιγμή κατά την οποία εμφανίζονται οι πρώτες φυσαλίδες (σημείο B).

**Απάντηση:**

Αν θεωρήσουμε ότι από το A ως το B η θερμοκρασία του ψυκτικού δεν άλλαξε, τότε οι φυσαλίδες στο B δημιουργήθηκαν γιατί άρχισε ο βρασμός του λόγω μείωσης της πίεσης. Επομένως θα πρέπει να βρούμε την πίεση ατμοποίησης του ψυκτικού R134a στους 25 °C, και αυτή θα είναι η ζητούμενη πίεση. Από τον πίνακα 6 και τη σελίδα 379 του σχολικού βιβλίου βρίσκουμε ότι για τους 25 °C η θερμοκρασία ατμοποίησης του R134a είναι 66,06 kPa, που σημαίνει ότι η πίεση είναι σχεδόν 7 bar.

11. Ένα από τα ονόματα που χρησιμοποιούνται στην πράξη για το ψυκτικό στοιχείο μιας ψυκτικής εγκατάστασης είναι εξατμιστής. Γιατί αυτός ο όρος δεν εκφράζει σωστά αυτό που συμβαίνει στη συγκεκριμένη συσκευή;

Απάντηση:

Εξάτμιση έχουμε όταν οι φυσαλίδες παράγονται στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Στις σωληνώσεις των ψυκτικών μηχανών δεν υπάρχει ελεύθερη επιφάνεια (μόνο σε μεγάλους εξατμιστές) και οι φυσαλίδες παράγονται σε όλη τη μάζα του υγρού. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι εξάτμιση αλλά βρασμός. Άρα ο όρος εξατμιστής δεν είναι ο πλέον κατάλληλος για τη συσκευή αυτή.

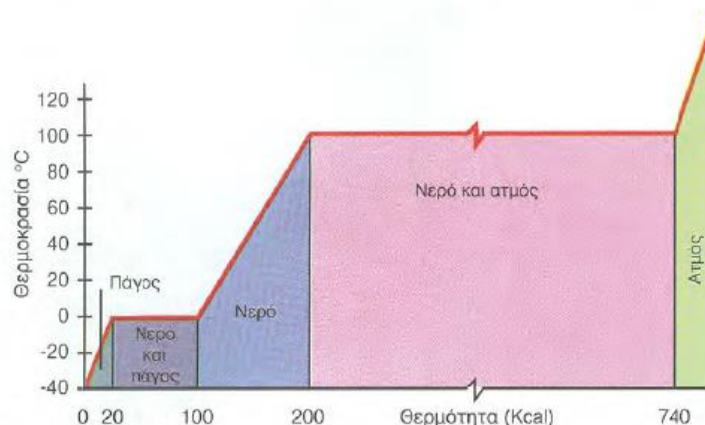
Όμως στα αγγλικά ο όρος για τον εξατμιστή είναι αυτό ακριβώς: evaporator, και όχι boiler. Ίσως γι αυτό το λόγο να χρησιμοποιείται στα ελληνικά η λέξη αυτή. Ίσως πάλι η λέξη ατμοποιητής να πέφτει λίγο μεγάλη!

12. Θυμηθείτε το χυμό πορτοκαλιού της ερώτησης 12 του δεύτερου Κεφαλαίου. [Ο χυμός του πορτοκαλιού που στύψαμε είναι πολύ ζεστός για να τον πιείτε. Έχετε όμως μια παγοθήκη, όπου συνυπάρχουν παγάκια και νερό στην ίδια θερμοκρασία. Για να κρυώσει ο χυμός, τι θα ήταν καλύτερο, να προσθέσετε στο ποτήρι με το χυμό ένα παγάκι ή νερό ίσης μάζας με το παγάκι από τη παγοθήκη;] Σε ποια περίπτωση θεωρείτε ότι ο χυμός θα φτάσει σε χαμηλότερη θερμοκρασία: αν επιλέξουμε τη λύση «παγάκι» ή αν επιλέξουμε τη λύση «νερό ίσης μάζας και θερμοκρασίας με το παγάκι»;

Απάντηση:

Την απάντηση τη δώσαμε στην λύση για τη συγκεκριμένη άσκηση.

13. Στο επόμενο διάγραμμα παριστάνεται η θερμοκρασία του νερού ως συνάρτηση της προδιδόμενης θερμότητας, στο πείραμα που ακολουθήσαμε στην αρχή αυτού του κεφαλαίου (σχήμα 4.1, σελίδα 101 του σχολικού βιβλίου). Τα ποσά θερμότητας του οριζώντιου άξονα αντιστοιχούν σε 1 kg του νερού.



- α) Σε ποιες περιοχές του παραπάνω διαγράμματος έχουμε μετατροπές φάσης; Ποια είναι η μορφή της καμπύλης σ' αυτές τις περιοχές;

β) Προσδιορίστε πάνω στο διάγραμμα τα σημεία που απεικονίζουν τις καταστάσεις α, β, γ, δ, ε και ζ αντίστοιχα (όπως αυτά αναφέρονται στο σχήμα της σελίδας 101). Υπάρχουν κάποια σημεία που δεν μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια;

γ) Τι ποσό θερμότητας χρειάστηκε για να μετατραπεί η ποσότητα 1 kg πάγου θερμοκρασίας $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ σε ξηρό κορεσμένο ατμό θερμοκρασίας $100\text{ }^{\circ}\text{C}$;

δ) Υπολογίστε τι ποσό από τη θερμότητα του ερωτήματος γ) ήταν αισθητή και τι ποσό λανθάνουσα. Τι παρατηρείτε κάνοντας τη σύγκριση ανάμεσα στα δύο ποσά;

Απαντήσεις:

Για να καταλάβετε αυτό το διάγραμμα θα πρέπει να το δείτε σε συνδυασμό με εκείνα που γράφει το σχολικό βιβλίο στις σελίδες 100 και 101.

Εδώ θα επαναλάβουμε τα βασικότερα σημεία αυτής της περιγραφής: έχουμε πάγο θερμοκρασίας $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ και με σταθερό ρυθμό αρχίζουμε και τον ζεσταίνουμε. Φανταστείτε ότι ο πάγος είναι σε μια ένα μικρό δοχείο και ζεσταίνεται με ένα γκαζάκι που η φωτιά είναι σε χαμηλή ένταση ώστε να θεωρήσουμε ότι το δοχείο έχει το χρόνο να θερμαίνεται ομοιόμορφα. Σε όλη τη διαδικασία η παροχή θερμότητας στο δοχείο δίνεται με σταθερό ρυθμό. Αυτό σημαίνει ότι το γκαζάκι δίνει, ας πούμε, 2 Kcal το λεπτό. Πρέπει να γνωρίζετε ότι το Kcal είναι μια μονάδα μέτρησης της θερμότητας. Ο πάγος αρχικά αρχίζει να ζεσταίνεται και η θερμοκρασία του αυξάνεται.

Στο διάγραμμα φαίνεται ότι ο αρχικός πάγος όταν πάρει 20 Kcal θα έχει θερμανθεί όλος και θα έχει θερμοκρασία $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Θα είναι όμως πάγος και θεωρητικά δεν θα υπάρχει ακόμα καμιά σταγόνα νερού. Αυτό φαίνεται στο διάγραμμα. Το γκαζάκι συνεχίζει με τον ίδιο σταθερό ρυθμό να δίνει θερμότητα στον πάγο των $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Όμως τώρα ο πάγος θα αρχίσει να λιώνει. Βλέπουμε στο διάγραμμα ότι όσο θερμαίνεται ο πάγος λιώνει και μαζί με αυτόν υπάρχει στο δοχείο και το νερό που προέρχεται από το λιώσιμο του πάγου. Το νερό θα παραμένει στη θερμοκρασία των $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Όταν θα έχουμε προσθέσει άλλα 80 Kcal (συνολικά 100 Kcal) θα έχει λιώσει όλος ο πάγος και θα υπάρχει στο δοχείο μόνο νερό και μάλιστα θα είναι θερμοκρασίας $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Η αρχική θερμότητα (20 Kcal) που ανέβασε την θερμοκρασία του πάγου μέχρι τους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ήταν αισθητή και στη συνέχεια όσο συνυπήρχε ο πάγος με το νερό η προστιδόμενη θερμότητα ήταν λανθάνουσα αφού είχαμε αλλαγή φάσης (ο στερεός πάγος μετατρέπεται σε υγρό νερό).

Αφού λιώσει όλος ο πάγος, και ενώ συνεχίζεται με τον ίδιο ρυθμό η θέρμανση του δοχείου, το νερό ζεσταίνεται και η θερμοκρασία του αυξάνεται σταθερά μέχρι τους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Αυτό το χρόνο η θερμότητα είναι αισθητή, αφού δεν έχουμε αλλαγή φάσης και η θερμοκρασία αυξάνεται. Για να ανέβει η θερμοκρασία από τους 0 στους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, από το διάγραμμα φαίνεται ότι δόθηκαν 100 Kcal ($200 - 100 = 100\text{ Kcal}$) στο ένα κιλό νερό.

Τώρα που το νερό είναι $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ και η θέρμανση συνεχίζεται, το νερό προφανώς θα αρχίσει να βράζει και να μετατρέπεται σε ατμό. Αν υποθέσουμε ότι ο χώρος που γίνεται όλη αυτή η διαδικασία είναι κλειστός, τότε μπορούμε να πούμε ότι σε αυτό το χώρο συνυπάρχει ο ατμός με το νερό που συνεχίζει να βράζει. Δηλαδή θερμαίνεται το νερό με λανθάνουσα θερμότητα και μετατρέπεται σε ατμό, μέχρι να πάρει $740 - 200 = 540\text{ Kcal}$, οπότε όλο το νερό θα έχει γίνει ατμός. Αυτές τις τιμές τις βλέπουμε στο διάγραμμα.

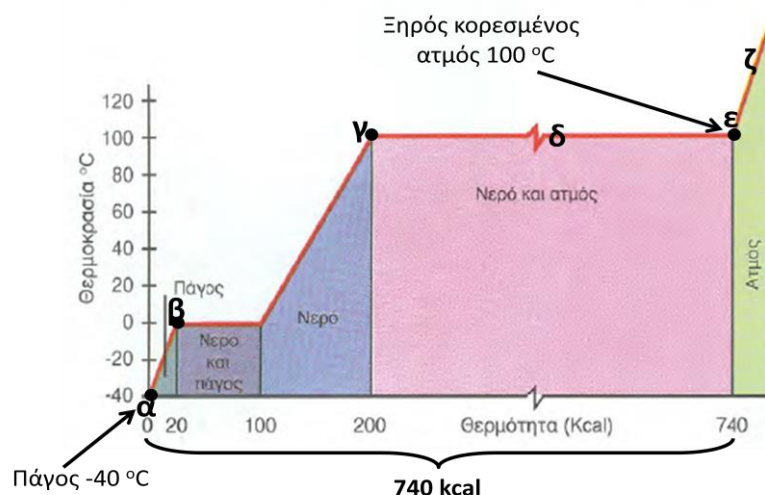
Όταν όλο το νερό έχει γίνει ατμός, και θεωρήσουμε ότι το γκαζάκι συνεχίζει να θερμαίνει αυτόν τον ατμό, η θερμοκρασία του ατμού θα αυξάνεται και η θερμότητα που παίρνει από το γκαζάκι θα είναι αισθητή.

Μετά από την κατανόηση της όλης διαδικασίας θα προχωρήσουμε στις απαντήσεις στα ερωτήματα της άσκησης.

α) Από την περιγραφή που κάναμε, μετατροπές φάσης έχουμε στις (δυο) περιοχές που 1) μετατρέπεται ο πάγος σε νερό και 2) εκεί που το νερό βράζει. Σε αυτές τις περιοχές εξηγήσαμε ότι η θερμοκρασία δεν αλλάζει άρα η καμπύλη είναι μια οριζόντια γραμμή. Στις δυο περιοχές που η γραμμή είναι οριζόντια ευθεία έχουμε μετατροπές φάσης. Εκεί η θερμότητα που προσδίδεται είναι λανθάνουσα.

β) Τα σημεία α, β, γ και ε έχουν προσδιοριστεί και φαίνονται στο επόμενο σχήμα. Τα σημεία όμως δ και ζ δεν προσδιορίζονται μονοσήμαντα, αφού αφορούν σε μια γραμμή.

γ) Η άσκηση δίνει ότι τα ποσά θερμότητας είναι για ένα κιλό νερό, άρα και για ένα κιλό πάγο. Ο πάγος πήγε από τους $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (σημείο α) στους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ και να είναι ξηρός κορεσμένος ατμός (σημείο ε). Το ότι είναι το σημείο ε το καταλαβαίνουμε από το ότι ο ατμός είναι ξηρός και μάλιστα κορεσμένος. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι δόθηκαν συνολικά 740 Kcal.



δ) Τα 740 kcal είναι η συνολική ποσότητα θερμότητας που δόθηκαν στον αρχικό πάγο μέχρι να μετατραπεί σε ξηρό κορεσμένο ατμό θερμοκρασίας 100 °C. Είπαμε στο ερώτημα β) ότι οι περιοχές με τη λανθάνουσα θερμότητα είναι εκεί που η γραμμή του διαγράμματος είναι οριζόντια. Στην πρώτη περιοχή (νερό και πάγος) η διαφορά θερμότητας είναι $100-20=80$ kcal και στην άλλη περιοχή (νερό και ατμός) η διαφορά είναι $740-200=540$ kcal. Άρα η συνολική λανθάνουσα θερμότητα είναι $80+540=620$ kcal, ενώ η αισθητή θερμότητα είναι $740-620=120$ kcal.

Παρατηρούμε ότι η λανθάνουσα θερμότητα είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αισθητή. Αυτό είναι εύκολο να το παρατηρήσουμε όταν θέλουμε να βράσουμε νερό: μέχρι να αρχίσει να βράζει περνούν λίγα λεπτά (πχ 15 λεπτά) ενώ μέχρι να εξατμιστεί όλη η ποσότητα του νερού περνά πάνω από μια ώρα.

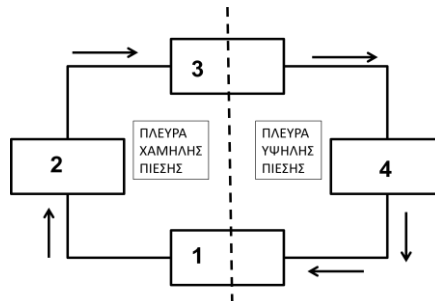
Για να εξηγήσουμε αυτή τη διαφορά στα ποσά της θερμότητας, ας σκεφτούμε ότι η αισθητή θερμότητα απλά κάνει τα μόρια του σώματος να κινούνται λίγο γρηγορότερα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία. Όμως στη λανθάνουσα θερμότητα τα μόρια πρέπει να πάρουν αρκετή ενέργεια για να αλλάξουν φάση. Για παράδειγμα, το νερό που βράζει τα μόρια πρέπει να πάρουν τεράστια ενέργεια για να φύγουν από την υγρή φάση και να κυκλοφορούν σχεδόν αυτόνομα στον αέρα.

Κεφάλαιο 5

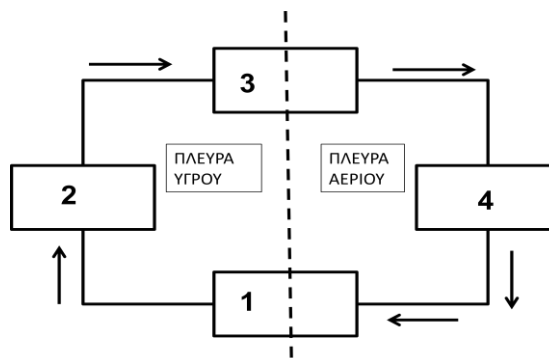
5.1. Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Τι ονομάζεται ψυκτική ισχύς μιας εγκατάστασης; 124
2. Ποιο γεγονός εκμεταλλευόμαστε (με τα ψυκτικά μέσα) για να αφαιρέσουμε θερμότητα από ένα χώρο; 124
3. Τι εννοούμε στην ψύξη λέγοντας ότι επιτυγχάνεται με την αποβολή της θερμότητας στο περιβάλλον; 124
4. Να αναφέρετε τα τέσσερα κυριότερα μέρη του ψυκτικού κυκλώματος. 125
5. Στο ψυκτικό κύκλωμα είναι γνωστό ότι έχουμε δύο περιοχές, ανάλογα με το αν η θερμοκρασία του ψυκτικού είναι σχετικά υψηλή ή σχετικά χαμηλή. Έχουμε επίσης δυο περιοχές όπου η πίεση είναι στη μία σχετικά χαμηλή και στην άλλη σχετικά υψηλή. Επί πλέον το ψυκτικό, αλλού είναι σε υγρή κατάσταση, αλλού σε αέρια και αλλού συνυπάρχουν η υγρή και η αέρια κατάσταση. 125,.....
 1. Να αναφέρετε τις μεταβολές του ψυκτικού μέσου που συμβαίνουν στον συμπιεστή και να πείτε με σαφήνεια την φυσική κατάσταση, τη σχετική θερμοκρασία και τη σχετική πίεση (αν είναι μεγάλες ή μικρές δηλαδή) του ψυκτικού μέσου στην είσοδο και στην έξοδο του συμπιεστή.
 2. Να αναφέρετε τις μεταβολές του ψυκτικού μέσου που συμβαίνουν στο συμπυκνωτή και να πείτε με σαφήνεια την φυσική κατάσταση, τη σχετική θερμοκρασία και την πίεση του ψυκτικού μέσου στην είσοδο και στην έξοδο του συμπυκνωτή.
 3. Να αναφέρετε τις μεταβολές του ψυκτικού μέσου που συμβαίνουν στο εκτονωτικό μέσο και να πείτε με σαφήνεια την φυσική κατάσταση, τη σχετική θερμοκρασία και την πίεση του ψυκτικού μέσου στην είσοδο και στην έξοδο του εκτονωτικού μέσου.
 4. Να αναφέρετε τις μεταβολές του ψυκτικού μέσου που συμβαίνουν στο εξατμιστή και να πείτε με σαφήνεια την φυσική κατάσταση, τη σχετική θερμοκρασία και την πίεση του ψυκτικού μέσου στην είσοδο και στην έξοδο του εξατμιστή.
6. Ποια τμήματα της ψυκτικής εγκατάστασης περιλαμβάνει η πλευρά της χαμηλής πίεσης και ποια της υψηλής πίεσης; 126
7. Σε ποια τμήματα της ψυκτικής εγκατάστασης έχουμε υγρό ψυκτικό, αέριο και μείγμα υγρού-αερίου; 127
8. Η απορριπτόμενη θερμική ισχύς σε μια ψυκτική εγκατάσταση είναι ή όχι ίση με την ψυκτική ισχύ; Να αναφέρετε τον ισολογισμό ενέργειας που ισχύει. 128
9. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:
 1. Για να γίνει απόρριψη θερμότητας στο περιβάλλον θα πρέπει η θερμότητα συμπύκνωσης να είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. 129
 2. Η απορριπτόμενη θερμική ισχύς είναι ίση με την ψυκτική ισχύ. 129
 3. Η ισχύς του συμπιεστή είναι πάντα μεγαλύτερη από την ψυκτική ισχύ, αφού ο βαθμός απόδοσής του είναι μικρότερος από τη μονάδα. 128
 4. Χωρίς τη συμπίεση δεν μπορεί να συμπυκνωθεί ο ατμός του ψυκτικού στο χώρο της υψηλής θερμοκρασίας. 128
 5. Στους αερόψυκτους συμπυκνωτές η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι η θερμοκρασία του χώρου που βρίσκεται ο συμπυκνωτής. 129
 6. Για να γίνει απορρόφηση θερμότητας από τον ψυχόμενο χώρο πρέπει η θερμοκρασία του χώρου να είναι λίγο μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία ατμοποίησης. 130
10. Με ποιο μέτρο (μέγεθος, τρόπο) προσδιορίζεται πόσο αποδοτικός είναι ένας ψυκτικός κύκλος. Να δώσετε τον ορισμό του και τι τιμές μπορεί να παίρνει; 131

11. Να αναφέρετε την επίδραση που έχουν οι θερμοκρασίες ατμοποίησης και συμπύκνωσης στην τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς μιας εγκατάστασης. Να δώσετε την εξήγηση. 131
12. Γιατί (συνήθως και σε κανονικές για τη χώρα μας συνθήκες) μια κλιματιστική εγκατάσταση θα έχει μεγαλύτερο συντελεστή συμπεριφοράς από ένα ψυγείο; Να δώσετε λογικές τιμές θερμοκρασιών κατά την δική σας εκτίμηση. 131, 132
13. Από ποιούς παράγοντες εξαρτάται η τιμή του συντελεστή συμπεριφοράς σε ένα ψυκτικό κύκλο; 132
14. Τι είναι η υπόψυξη του συμπυκνώματος; 132
15. Γιατί στις ψυκτικές εγκαταστάσεις είναι επιθυμητή η υπόψυξη του συμπυκνώματος; 132, 133
16. Στο επόμενο σχήμα τα τέσσερα ορθογώνια παριστάνουν τα τέσσερα βασικά τμήματα μιας ψυκτικής εγκατάστασης και τα βέλη την πορεία του ψυκτικού μέσου. Επίσης φαίνεται ποιο τμήμα του σχήματος περιλαμβάνει την πλευρά της χαμηλής και ποιο της υψηλής πίεσης. Να δώσετε το όνομα κάθε τμήματος που αντιπροσωπεύει κάθε ένας αριθμός με την αρίθμηση από το 1 ως το 4. 126



17. Στο επόμενο σχήμα τα τέσσερα ορθογώνια παριστάνουν τα τέσσερα βασικά τμήματα μιας ψυκτικής εγκατάστασης και τα βέλη την πορεία του ψυκτικού μέσου. Επίσης φαίνεται ποιο τμήμα του σχήματος περιλαμβάνει την πλευρά του υγρού και ποιο του αερίου. Να δώσετε το όνομα κάθε τμήματος που αντιπροσωπεύει κάθε ένας αριθμός με την αρίθμηση από το 1 ως το 4. 127



18. Να αντιστοιχίσετε:

Συντελεστής συμπεριφοράς	1	α	Υπόψυκτο υγρό
Στον συμπιεστή εισέρχεται	2	β	Ισχύς συμπιεστή
Υπόψυξη συμπυκνώματος	3	γ	Ψυκτική ισχύς / Ισχύς συμπιεστή
Η ισχύς του συμπυκνωτή είναι μεγαλύτερη από	4	δ	Ψυκτική ισχύς + Ισχύς συμπιεστή
Απορριπτόμενη θερμική ισχύς	5	ε	Πριν το εκτονωτικό μέσο
Στο εκτονωτικό μέσο εισέρχεται	6	ζ	ατμός ψυκτικού

Απάντηση:

1-γ, 2-ζ, 3-ε, 4-β, 5-δ και 6-α.

19. Εάν η απορριπτόμενη ισχύς σε ένα συμπυκνωτή είναι 3600 W και η ισχύς του συμπιεστή της εγκατάστασης είναι 900 W να υπολογίσετε την ψυκτική ισχύ που δίνει ο εξατμιστής. Να υπολογίσετε και το συντελεστή συμπεριφοράς της εγκατάστασης.

Απάντηση:

Από τη θεωρία είναι γνωστό ότι η απορριπτόμενη ισχύς είναι ίση με το άθροισμα της ψυκτικής ισχύος και της ισχύος του συμπιεστή. Επομένως η ζητούμενη ψυκτική ισχύς θα είναι ίση με την απορριπτόμενη ισχύ αν αφαιρέσουμε την ισχύ του συμπιεστή. Επομένως θα έχουμε:

$$Q_{\Sigma} = W + Q_{\psi} \Rightarrow Q_{\psi} = Q_{\Sigma} - W \Rightarrow Q_{\psi} = 3600W - 900W \Rightarrow Q_{\psi} = 2700W$$

Άρα η ψυκτική ισχύς είναι 2700 W.

Για τον συντελεστή συμπεριφοράς είναι γνωστός ο τύπος: $COP = \frac{\text{Ψυκτική Ισχύς}}{\text{Ισχύς Συμπιεστή}}$

Τα μεγέθη του κλάσματος είναι γνωστά οπότε με αντικατάσταση βρίσκουμε:

$$COP = \frac{\text{Ψυκτική Ισχύς}}{\text{Ισχύς Συμπιεστή}} = \frac{Q_{\psi}}{W} = \frac{2700W}{900W} = 3$$

Επομένως ο συντελεστής συμπεριφοράς είναι ίσος με 3.

20. Σε μια ψυκτική μηχανή σας λένε ότι ο συντελεστής συμπεριφοράς είναι ίσος με 0,8. Τι συμπέρασμα βγάξετε για τη μηχανή;

Απάντηση:

Στο πλαίσιο της σελίδας 131 αναφέρεται ότι όταν οι θερμοκρασίες συμπύκνωσης και ατμοποίησης είναι κοντά τότε προκύπτει μεγάλος συντελεστής συμπεριφοράς, με τιμές από 3 μέχρι και πέρα από το 5. Στην περίπτωση που μας δίνεται δεν απέχουν λίγο, αλλά μάλλον πάρα πολύ, οι δυο αυτές θερμοκρασίες. Για να απέχουν πολύ, ή η συμπύκνωση γίνεται σε υπερβολικά μεγάλη θερμοκρασία ή η ατμοποίηση σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία ή συμβαίνουν και τα δύο.

Στην πρώτη περίπτωση ίσως η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι πολύ αυξημένη και επηρεάζει τη θερμοκρασία στο συμπυκνωτή. Επίσης δεν αποκλείεται να έχει φράξει το εκτονωτικό μέσο με αποτέλεσμα να εγκλωβίζεται ψυκτικό στο συμπυκνωτή. Βέβαια σε αυτή την περίπτωση θα είχαμε και πολύ χαμηλή πίεση (άρα και θερμοκρασία) ατμοποίησης. Υπερβολική πίεση στο συμπυκνωτή υπάρχει και όταν έχει τοποθετηθεί παραπάνω ποσότητα ψυκτικού στην εγκατάσταση. Τότε ο συμπιεστής εργάζεται σε μεγάλη ισχύ με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση της εγκατάστασης.

Στην περίπτωση που η μικρή τιμή του COP οφείλεται σε μικρή θερμοκρασία ατμοποίησης, σημαίνει ότι θέλουμε η εγκατάσταση να μας δίνει χαμηλές θερμοκρασίες και αυτό το πληρώνουμε με μειωμένη απόδοση. (Χαμηλή θερμοκρασία ατμοποίησης έχουμε και όταν έχει η εγκατάσταση λιγότερη ποσότητα ψυκτικό από την κανονική. Τότε, επειδή το ψυκτικό είναι λίγο ο συμπιεστής εργάζεται και αναρροφά πιο εύκολα το ψυκτικό. Τότε όμως μειώνεται και η πίεση και η θερμοκρασία συμπύκνωσης οπότε ο COP δεν είναι μικρός.)

21. Ένα μηχάνημα κλιματισμού έχει συντελεστή συμπεριφοράς ίσο με 4. Η ισχύς του συμπιεστή είναι 1,2 kW. Να βρείτε την ψυκτική ισχύ του κλιματιστικού και την απορριπτόμενη θερμότητα από το συμπυκνωτή.

Απάντηση:

Θα δώσουμε τις πρόπτουσες ονομασίες στα μεγέθη που έχουμε στην άσκηση. W είναι η ισχύς του συμπιεστή, Q_{Σ} είναι η απορριπτόμενη θερμότητα από το συμπυκνωτή και Q_{ψ} είναι η ψυκτική ικανότητα του εξατμιστή.

Στη γνωστή σχέση: $COP = \frac{\text{Ψυκτική Ισχύς}}{\text{Ισχύς Συμπιεστή}} = \frac{Q_{\psi}}{W}$ ξέρουμε τον συντελεστή συμπεριφοράς και την ισχύ του συμπιεστή. Θα λύσουμε αυτή τη σχέση ως προς την ψυκτική ισχύ του κλιματιστικού:

$$COP = \frac{\text{Ψυκτική Ισχύς}}{\text{Ισχύς Συμπιεστή}} = \frac{Q_{\psi}}{W} \Rightarrow Q_{\psi} = COP \cdot W \Rightarrow Q_{\psi} = 4 \cdot 1,2kW \Rightarrow Q_{\psi} = 4,8kW.$$

Άρα η ψυκτική ισχύς είναι 4,8 kW.

Για την απορριπτόμενη θερμότητα από το συμπυκνωτή ισχύει η σχέση:

$$Q_{\Sigma} = W + Q_{\psi}$$

Αυτήν θα επιλύσουμε ως προς τον άγνωστο Q_{Σ} :

$$Q_{\Sigma} = W + Q_{\psi} \Rightarrow Q_{\Sigma} = 1,2\text{kW} + 4,8\text{kW} \Rightarrow Q_{\Sigma} = 6\text{kW}.$$

Άρα ο συμπυκνωτής πρέπει να έχει ισχύ ίση με 6 kW.

Κεφάλαιο 5**5.2. Ερωτήσεις - Δραστηριότητες σχολικού βιβλίου**

1. Σε ποια συσκευή μιας ψυκτικής εγκατάστασης με μηχανική συμπίεση ατμών, γίνεται μετατροπή του ψυκτικού μέσου από ατμό σε υγρό;

Απάντηση:

Στον συμπυκνωτή, όπου λόγω της μεγάλης πίεσης που επικρατεί, και επειδή γίνεται ψύξη της συσκευής, επέρχεται η συμπύκνωση του ατμού.

2. Αναφέρατε μία συσκευή που ανήκει στην πλευρά χαμηλής πίεσης μιας ψυκτικής εγκατάστασης.

Απάντηση:

Ο εξατμιστής ανήκει εξ' ολοκλήρου στην πλευρά χαμηλής πίεσης.

Η είσοδος του συμπιεστή επίσης (αναρρόφηση) περιέχει και ψυκτικό σε χαμηλή πίεση, όμως όχι και όλη η συσκευή. Το ίδιο ισχύει και για τον τριχοειδή σωλήνα, ή γενικά για το εκτονωτικό μέσο της εγκατάστασης, αλλά μόνο προς το τέλος του.

3. Ποιες συσκευές μιας ψυκτικής εγκατάστασης με μηχανική συμπίεση ατμών, διαχωρίζουν την πλευρά υψηλής από την πλευρά χαμηλής πίεσης;

Απάντηση:

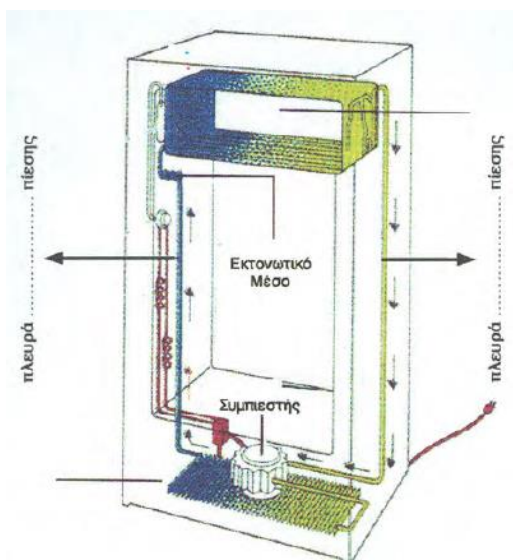
Οι συσκευές που διαχωρίζουν την χαμηλή από την υψηλή πίεση είναι ο συμπιεστής (στην περιοχή που γίνεται η συμπίεση) και το εκτονωτικό μέσο. Μετά το εκτονωτικό μέσο και μέχρι τον συμπιεστή έχουμε τη χαμηλή πίεση και στο υπόλοιπο μέρος της εγκατάστασης έχουμε την πλευρά υψηλής πίεσης.

4. Σε ποια συσκευή μιας ψυκτικής εγκατάστασης το ψυκτικό μέσο απορροφά θερμότητα;

Απάντηση:

Ο εξατμιστής είναι η συσκευή που το ψυκτικό ρευστό απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον του, με αποτέλεσμα να το ψύχει.

5. Στο επόμενο σχήμα βλέπουμε τα μέρη της ψυκτικής εγκατάστασης ενός οικιακού ψυγείου. Οι κόκκινες γραμμές παριστάνουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα του συστήματος. Το εκτονωτικό μέσο είναι τριχοειδής σωλήνας:

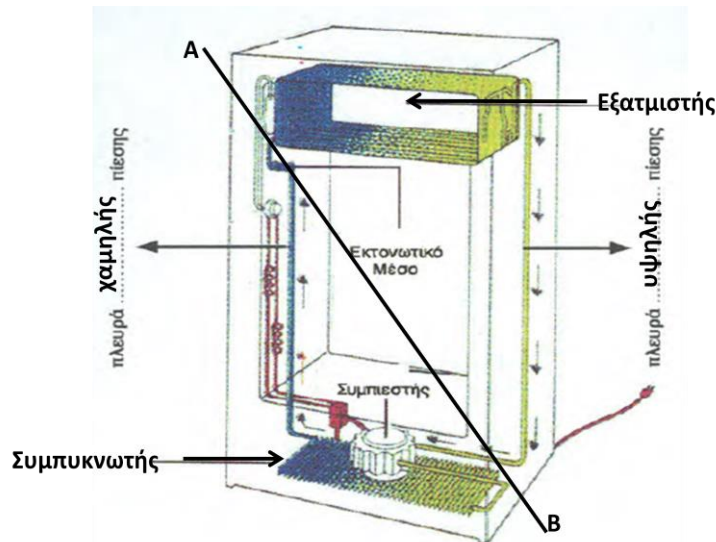


α) Συμπληρώστε τα ονόματα των κύριων μερών της ψυκτικής εγκατάστασης που δεν είναι σημειωμένα.

β) Σημειώστε ποια είναι η πλευρά χαμηλής και ποια η πλευρά υψηλής πίεσης.

γ) Ποιο χρώμα αντιστοιχεί στις σωληνώσεις υγρού ψυκτικού μέσου και ποιο στις σωληνώσεις ατμού;

Απαντήσεις:



- α) Τα ονόματα τα συμπληρώσαμε στο προηγούμενο σχήμα.
- β) Με την ευθεία A-B διαχωρίζεται η πλευρά χαμηλής πίεσης (και περιλαμβάνει κυρίως τον εξατμιστή), που βρίσκεται στα δεξιά και η πλευρά υψηλής πίεσης (που περιλαμβάνει κυρίως τον συμπυκνωτή) που βρίσκεται στα αριστερά της γραμμής.
- γ) Το μπλε χρώμα στο σχήμα αντιστοιχεί στο υγρό μέρος του ψυκτικού μέσου και το κίτρινο στο αέριο.

Τα βέλη στο σχήμα δείχνουν την πορεία του ψυκτικού. Από τον εξατμιστή γνωρίζουμε ότι εξέρχεται το ψυκτικό σε αέρια μορφή και πάει στο συμπιεστή. Από αυτόν πάλι φεύγει σε αέρια μορφή και μπαίνει στο συμπυκνωτή, όπου στο μέσον του περίπου αρχίζει να συμπυκνώνεται. Στο τέλος του κανονικά πρέπει όλο το ψυκτικό να έχει μετατραπεί σε υγρό. Από εκεί και μέχρι το μέσον περίπου του εξατμιστή θα είναι σε υγρή μορφή (ένα μέρος του). Στο τέλος του εξατμιστή πρέπει όλο το ψυκτικό να έχει γίνει αέριο.

- 6. Ο ψύκτης μιας κλιματιστικής εγκατάστασης έχει κινητήρα ισχύος 35 PS και ψυκτική ισχύ 28 RT. Υπολογίστε τον συντελεστή συμπεριφοράς και την απορριπτόμενη θερμική ισχύ.

Απαντήσεις:

Γνωρίζουμε ότι ισχύει η σχέση: $COP = \frac{\text{Ψυκτική Ισχύς}}{\text{Ισχύς Συμπιεστή}}$

Για να μπορέσουμε να τοποθετήσουμε τιμές στην εξίσωση αυτή και να υπολογίσουμε τον COP, πρέπει να έχει ο αριθμητής και ο παρονομαστής τις ίδιες μονάδες. Εδώ όμως δε μας δίνονται ίδιες οι μονάδες. Μπορούμε να κάνουμε μια κατάλληλη μετατροπή με χρήση του πίνακα 4 της σελίδας 376. Με βάση αυτόν θα μετατρέψουμε τους ψυκτικούς τόνους RT σε ίππους PS. Βλέπουμε ότι 1 RT = 4,78 PS. Άρα οι 28 RT είναι ίσοι με 28x4,78=133,84 PS. Οπότε έχουμε:

$$COP = \frac{\text{Ψυκτική Ισχύς}}{\text{Ισχύς Συμπιεστή}} \Rightarrow COP = \frac{133,84PS}{35PS} \Rightarrow COP = 3,824$$

Υπολογίσαμε λοιπόν ότι ο συντελεστής συμπεριφοράς είναι 3,824.

Από το σχολικό βιβλίο έχουμε ότι:

$$\text{απορριπτόμενη θερμική ισχύς} = \text{ψυκτική ισχύς} + \text{ισχύς συμπιεστή}$$

Επομένως για να υπολογίσουμε την απορριπτόμενη θερμική ισχύ θα προσθέσουμε την ψυκτική ισχύ και την ισχύ του συμπιεστή:

$$35 PS + 133,824 PS = 168,824 PS.$$

Άρα η απορριπτόμενη θερμική ισχύς είναι 168,824 PS.

- 7. Ένα οικιακό ψυγείο βρίσκεται σε ένα δωμάτιο θερμικώς μονωμένο. Αφήνουμε ανοιχτή την πόρτα του ψυγείου. Το ψυγείο συνεχίζει να λειτουργεί και εμείς φεύγουμε και κλείνουμε το

δωμάτιο. Όταν επιστρέψουμε μετά από αρκετές ώρες, η θερμοκρασία του δωματίου θα είναι μεγαλύτερη, μικρότερη ή ίση με τη θερμοκρασία που είχε το δωμάτιο πριν φύγουμε;

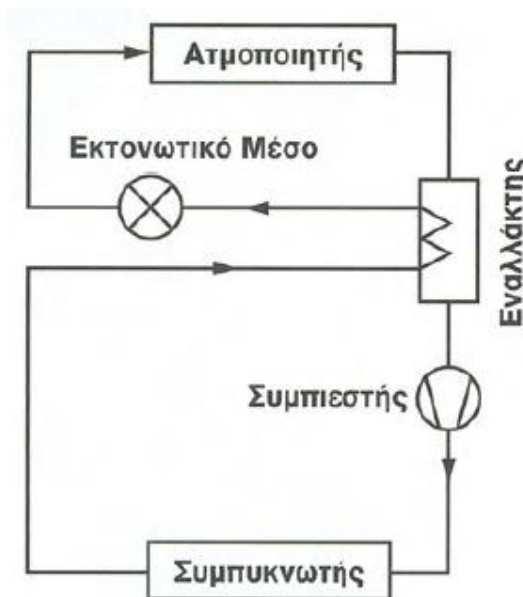
Απάντηση:

Από τη γνωστή ισότητα:

$$\text{απορριπτόμενη θερμική ισχύς} = \text{ψυκτική ισχύς} + \text{ισχύς συμπιεστή}$$

φαίνεται ότι η παραγόμενη θερμική ισχύς από τη λειτουργία του ψυγείου είναι μεγαλύτερη από την ψυκτική ισχύ. Δηλαδή η θερμότητα που παράγεται (από τον συμπυκνωτή) είναι μεγαλύτερη από την ψύξη που δημιουργείται (=από την απορροφώμενη θερμότητα). Άρα η θερμότητα που εκπέμπει το ψυγείο στο συμπυκνωτή, υπερτερεί της ψύξης που παράγεται στον εξατμιστή. Δηλαδή η θερμότητα που θα απορροφά ο εξατμιστής είναι μικρότερη από τη θερμότητα που εκπέμπει ο συμπυκνωτής. Και μάλιστα η διαφορά τους είναι ίση με την θερμότητα που παράγεται από την ηλεκτρική λειτουργία του συμπιεστή (και όχι την ίδια τη συμπίεση του αερίου). Επομένως το δωμάτιο θα ζεσταίνεται από τη λειτουργία και μόνο του συμπιεστή. (Ισχύς= τάση επί ρεύμα= $V \cdot I$)

8. Προκειμένου να γίνει υπόψυξη συμπυκνώματος σε ένα κύκλο ψύξης με μηχανική συμπίεση ατμών, έχει προταθεί να γίνεται εναλλαγή θερμότητας ανάμεσα στον υπέρθερμο ατμό της εξόδου του στοιχείου ατμοποίησης και το συμπύκνωμα ψυκτικού μέσου. Να ψύχεται δηλαδή κι άλλο, το υγρό που εξέρχεται από το συμπυκνωτή από τον υπέρθερμο ατμό εξόδου του ατμοποιητή (στον εναλλάκτη που φαίνεται στο επόμενο σχήμα). Πώς κρίνεται αυτή τη μέθοδο υπόψυξης;



Απάντηση:

Η εξήγηση που δίνει το σχολικό βιβλίο στο παράρτημα στη σελίδα 371 είναι πολύ καλή. Θα το εξηγήσουμε εδώ με άλλα λόγια, αλλά στην ουσία λέμε το ίδιο πράγμα.

Κατ' αρχάς να καταλάβουμε τι είναι αυτό που θέλουμε να κάνουμε. Μετά τον εξατμιστή το ψυκτικό θεωρητικά πρέπει να έχει γίνει όλο αέριο και να πάει στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Για να είμαστε σίγουροι ότι θα έχει γίνει πλήρως η εξάτμιση, καλό θα ήταν να το ζεσταίναμε λίγο και αν τυχόν υπάρχουν μερικά σταγονίδια υγρού ψυκτικού να εξατμιστούν και αυτά με την θέρμανση. Ταυτόχρονα αυτό θα βελτιώσει και τη απόδοση της εγκατάστασης.

Αντιστοίχως το ψυκτικό στο συμπυκνωτή γίνεται υγρό και οδεύει στο εκτονωτικό μέσο. Αν δεν έχει γίνει πλήρως η συμπύκνωση και έχει μείνει λίγο αέριο σε αυτό, η απόδοση της εγκατάστασης μειώνεται, αφού το αέριο δεν προσφέρει στην ψυκτική ικανότητα. Γι αυτό καλό είναι, αν μπορούμε, να ψύξουμε λίγο ακόμα το υγρό ώστε και η τελευταία φυσαλίδα αερίου να υγροποιηθεί. Αλλά και όλο το αέριο να έχει γίνει υγρό, αν ψυχθεί λίγο ακόμα (να το κάνουμε υπόψυκτο, όπως ονομάζεται) καλό είναι. Αυτό εννοεί η άσκηση όταν λέει να γίνει υπόψυξη συμπυκνώματος.

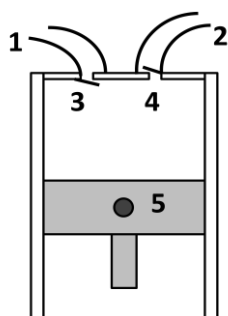
Αν σκεφτούμε τώρα ότι το αέριο που πηγαίνει στην αναρρόφηση από τον εξαμιστή είναι κρύο, θα μπορούσαμε να φέρουμε σε επαφή τον σωλήνα στον οποίο βρίσκεται, με τον σωλήνα που είναι η έξοδος του συμπυκνωτή και θέλουμε να την ψύξουμε, ώστε με την επαφή να πετύχουμε και τους δυο στόχους: Το υγρό να κρυώσει περισσότερο (υπόψυξη) και το αέριο να θερμανθεί περισσότερο (υπερθέρμανση).

Επομένως, με αυτή τη λειτουργία (τοποθέτηση εναλλάκτη) χωρίς κανένα κόστος, πετυχαίνουμε την καλύτερη και ασφαλέστερη λειτουργία της εγκατάστασης.

Κεφάλαιο 6**6.1. Ερωτήσεις - Ασκήσεις**

1. Σε ποιους τομείς της οικονομίας και της καθημερινής ζωής εφαρμόζει ο ψυκτικός τις γνώσεις του; 142
2. Σε ποιες κατηγορίες κατατάσσονται οι εφαρμογές της ψύξης, ανάλογα με τις θερμοκρασίες που έχουμε στον ψυχόμενο χώρο; Να αναφέρετε κατά προσέγγιση χαρακτηριστικές θερμοκρασίες των κατηγοριών αυτών. 142, 143
3. Να αναφέρετε τις δύο μεγάλες κατηγορίες ατμοποιητών ψύξης υγρών. 145, 146
4. Ποια είναι τα είδη των στοιχείων ατμοποίησης για ψύξη αέρα; Τι κάνουμε σε αυτά για να αυξήσουμε την επιφάνεια συναλλαγής με τον αέρα; 146, 147
5. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:
 1. Τα στοιχεία ψύξης με φυσική κυκλοφορία αέρα τοποθετούνται συνήθως στο επάνω μέρος των ψυγείων και των θαλάμων. 147
 2. Τα στοιχεία ψύξης με φυσική κυκλοφορία αέρα χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεγάλες εγκαταστάσεις για οικονομικούς λόγους. 147
 3. Τα στοιχεία ψύξης με κυκλοφορία αέρα των κλιματιστικών μονάδων έχουν στο κάτω μέρος τους μια λεκάνη για να συλλέγει τα συμπυκνώματα νερού. 148
 4. Ο αέρας με τους υδρατμούς του βοηθά ώστε τα στοιχεία ατμοποίησης να μην μαζεύουν πάγο. 148
6. Να πείτε που κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο και που το νερό στα στοιχεία ξηρής εκτόνωσης (στοιχεία ατμοποίησης για ψύξη νερού). 148
7. Να πείτε που κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο και που το νερό ή το υγρό στα στοιχεία υπερχειλίσης (στοιχεία ατμοποίησης για ψύξη νερού ή υγρών). 148
8. Να εξηγήσετε τους όρους: α) στοιχείο ατμοποίησης απευθείας εκτόνωσης και β) στοιχείο έμμεσης εκτόνωσης. 149
9. Ποια προβλήματα δημιουργεί η παρουσία πάγου στην επιφάνεια του ατμοποιητή; 149
10. Ποιες είναι οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι αποπάγωσης (ονομαστικά); 149, 150
11. Πως λειτουργεί το σύστημα αποπάγωσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις; 150
12. Πως λειτουργεί το σύστημα αποπάγωσης με αναμονή; Ποιο είναι το μεγάλο του μειονέκτημα; 150
13. Πως λειτουργεί το σύστημα αποπάγωσης με καταιονισμό νερού; 150
14. Πως λειτουργεί το σύστημα αποπάγωσης με μεταγωγή ζεστού αέρα; 150
15. Ποια είναι τα δύο κύρια πλεονεκτήματα του συστήματος αποπάγωσης με μεταγωγή ζεστού αέρα; 150
16. Ποιο είναι το μειονέκτημα του συστήματος αποπάγωσης με μεταγωγή ζεστού αέρα; 151
17. Ποια εργασία εκτελεί η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα γνωστή ως σωληνοειδής βαλβίδα; 151
18. Ποιες μειώσεις πίεσης του ψυκτικού κυκλώματος καλύπτει η αύξηση της πίεσης που επιτυγχάνει ο συμπιεστής; 152
19. Τι ονομάζεται σχέση συμπίεσης; 152
20. Πως σχετίζεται η σχέση συμπίεσης με την απόδοση του συμπιεστή; 152
21. Σε ποιες κατηγορίες χωρίζονται οι συμπιεστές ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους (ονομαστικά); 152
22. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το σχήμα του κυλίνδρου ενός παλινδρομικού συμπιεστή. Διάφορα τμήματα του συμπιεστή έχουν χαρακτηριστεί με αριθμούς. Να αντιστοιχίσετε τους

αριθμούς με τα σωστά ονόματα των τμημάτων. (Για να βοηθηθείτε στην απάντησή σας, να προσέξετε τη μορφή των βαλβίδων και προς τα που ανοίγουν) 153



- | | |
|---|-------------------|
| A | Έμβολο |
| B | Αναρρόφηση |
| Γ | Κατάθλιψη |
| Δ | Βαλβίδα εισαγωγής |
| E | Βαλβίδα εξαγωγής |

Απάντηση:

1-B, 2-Γ, 3-Δ, 4-E και 5-A.

23. Ποιοι συμπιεστές ονομάζονται θετικού εκτοπίσματος; 154
24. Σε ποιου μεγέθους μονάδες χρησιμοποιούνται οι συμπιεστές τύπου τυμπάνου; 154
25. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των κοχλιόμορφων συμπιεστών. 155
26. Σε ποιου μεγέθους μονάδες χρησιμοποιούνται οι σπειροειδείς συμπιεστές; 156
27. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:
1. Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές είναι θετικού εκτοπίσματος. 154
 2. Οι κοχλιόμορφοι συμπιεστές είναι θετικού εκτοπίσματος. 155
 3. Οι συμπιεστές τύπου τυμπάνου ονομάζονται και περιστροφικοί. 154
 4. Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται σε συστήματα μεγάλης ισχύος. 153
 5. Οι σπειροειδείς συμπιεστές έχουν δύο σπείρες, και η μία από αυτές είναι σταθερή, ενώ η άλλη κινείται. 155

Απάντηση:

1-Λ, 2-Σ, 3-Σ, 4-Σ, 5-Σ.

28. Να αντιστοιχίσετε το είδος του συμπιεστή με ένα χαρακτηριστικό του εξάρτημα:

Παλινδρομικοί συμπιεστές	1	α	Στροφέιο μεγάλης ταχύτητας
Φυγοκεντρικοί συμπιεστές	2	β	Δύο ελικοειδείς δρομείς
Περιστροφικοί συμπιεστές	3	γ	Έμβολο
Κοχλιόμορφοι συμπιεστές	4	δ	Μία σταθερή και μία κινητή σπείρα
Σπειροειδείς συμπιεστές	5	ε	Δρομέας που περιστρέφεται έκκεντρα

Απάντηση:

1-γ, 2-α, 3-ε, 4-β, 5-δ.

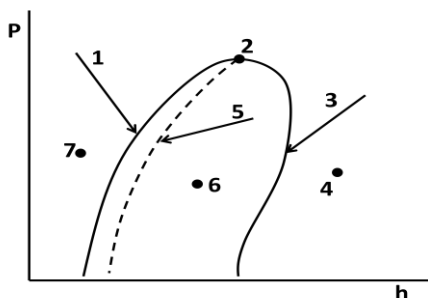
29. Να αναφέρετε τις κατηγορίες των συμπιεστών ανάλογα με τον τρόπο που παίρνουν κίνηση και το πόσο προσιτό είναι το εσωτερικό τους (ονομαστικά). 156
30. Ποιο είναι το σημαντικότερο μειονέκτημα των ερμητικών συμπιεστών; 156
31. Ποια είναι μερικά από τα πλεονεκτήματα των ερμητικών συμπιεστών; 156
32. Σε ποιου μεγέθους εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται οι ημιερμητικοί συμπιεστές; 157
33. Να αναφέρετε τη χαρακτηριστική θέση του μηχανικού μέρους του συμπιεστή σε σχέση με τον ηλεκτροκινητήρα σε κάθε ένα από τα τρία είδη των συμπιεστών. 156, 157, 158
34. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:

1. Το μειονέκτημα των ημερημνητικών συμπιεστών είναι ότι κάθε εσωτερικός έλεγχος είναι αδύνατος. 156
2. Στους ερμητικού τύπου συμπιεστές η πιθανότητα διαρροής ψυκτικού είναι ελάχιστη. 156
3. Στους ημερημνητικούς συμπιεστές υπάρχουν προβλήματα ευθυγράμμισης της ατράκτου με τον ηλεκτροκινητήρα. 157
4. Μόνο στους ανοικτούς συμπιεστές μπορούν να αντικατασταθούν εξαρτήματα στο εσωτερικό τους. 157
5. Οι ημερημνητικοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται σε μικρού και μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεις. 157
6. Οι ανοικτού τύπου συμπιεστές είναι εκείνοι που παρουσιάζουν προβλήματα με τη στεγανότητά τους. 158

Απάντηση:

1-Λ, 2-Σ, 3-Λ, 4-Λ, 5-Σ, 6-Σ.

35. Ποιος είναι ο σκοπός του συμπυκνωτή; 158
36. Σε τι κατάσταση μπαίνει το ψυκτικό μέσο στο συμπυκνωτή και σε τι κατάσταση εξέρχεται; 158, 159
37. Από ποια μέρη αποτελείται η θερμότητα που αποβάλλεται από το συμπυκνωτή; 159
38. Ποιες κατηγορίες συμπυκνωτών έχουμε ανάλογα με το περιβάλλον προς το οποίο απορρίπτουν τη θερμότητα; 159
39. Κατηγορίες αερόψυκτων συμπυκνωτών (ονομαστικά). 159
40. Να αναφέρετε δύο τύπους υδρόψυκτων συμπυκνωτών (ονομαστικά). 160
41. Σε ποιο φαινόμενο στηρίζεται η λειτουργία του εξατμιστικού συμπυκνωτή; 162
42. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:
 1. Στους εξατμιστικούς συμπυκνωτές πρέπει να συμπληρώνεται μια ποσότητα νερού και αυτό ελέγχεται με σύστημα πλωτήρα. 162
 2. Στους εξατμιστικούς συμπυκνωτές κάτω από τη σωλήνωση ψεκάζεται το νερό ψύξης προς τα επάνω. 162
 3. Οι συμπυκνωτές με ομοαξονικούς σωλήνες είναι αερόψυκτου τύπου. 160
 4. Στους συμπυκνωτές η εξάτμιση του νερού ψύχει το χώρο γύρω τους. 159
43. Από ποια διάταξη ψύχεται το νερό των υδρόψυκτων συμπυκνωτών; 162
44. Σε ποιο φαινόμενο στηρίζεται η λειτουργία του πύργου ψύξης; 162
45. Να αναφέρετε τις ιδιότητες που πρέπει να έχει (όσο το δυνατόν περισσότερες) ένα ψυκτικό ρευστό. 179
46. Να αντιστοιχίσετε το σημείο 2, τις περιοχές 4,6,7 και τις καμπύλες 1,3,5 με το γράμμα που ταιριάζει στο πλαίσιο που σας δίνετε δεξιά.

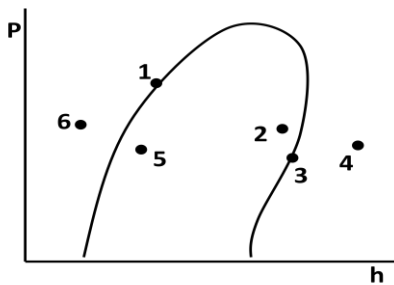


- | | |
|---|----------------------------------|
| A | Περιοχή υγρού |
| B | Περιοχή αερίου |
| Γ | Περιοχή αλλαγής φάσης |
| Δ | Κρίσιμο σημείο |
| Ε | Γραμμή κορεσμένου υγρού |
| Ζ | Γραμμή κορεσμένου ατμού |
| Η | Γραμμή σταθερού βαθμού ξηρότητας |

Απάντηση:

1-Ε, 2-Δ, 3-Ζ, 4-Β, 5-Η, 6-Γ και 7-Α.

47. Να αντιστοιχίσετε κάθε σημείο του διαγράμματος του ψυκτικού μέσου με τις σωστή κατάσταση στο πλαίσιο στο δεξί μέρος του σχήματος.



- A Υπόψυκτο υγρό
- B Υπέρθερμος ατμός
- Γ Μίγμα υγρού-ατμού με περισσότερο υγρό
- Δ Κορεσμένο υγρό
- E κορεσμένος ατμός
- Z Μίγμα υγρού-ατμού με περισσότερο ατμό

Απάντηση:

1-Δ, 2-Z, 3-E, 4-B, 5-Γ και 6-A.

48. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:

1. Με τη συλλογή του ψυκτικού μέσου εννοούμε την αφαίρεσή του από τη μονάδα και τη συγκέντρωσή του σε ειδική φιάλη. 191
2. Με τον όρο ανακύκλωση του ψυκτικού μέσου εννοούμε τον χημικό καθαρισμό του ψυκτικού μέσου. 191
3. Η διαδικασία της διέλευσης του ψυκτικού μέσου από διαχωριστή λαδιού και από φίλτρα ονομάζεται αναγέννηση. 191, 192
4. Υπάρχουν περιπτώσεις που το ψυκτικό ρευστό έχει καταστραφεί τελείως και πρέπει να αποτεφρωθεί. 192
5. Η αναγέννηση του ψυκτικού μέσου μπορεί να γίνει μόνο σε ειδικά εργαστήρια. 192

Απάντηση:

1-Σ, 2-Σ, 3-Λ, 4-Σ, 5-Σ.

49. Ποια προβλήματα είναι πιθανόν να προκαλέσει η παρουσία υγρασίας στο ψυκτικό ρευστό; 193

50. Ποιες ιδιότητες πρέπει να έχει ένα καλό λιπαντικό στο συμπιεστή; 194

51. Σας δίνεται ο επόμενος πίνακας (μέρος του πίνακα στις σελίδες 378, 379 του σχολικού βιβλίου) για το ψυκτικό ρευστό R134a:

Θερμοκρασία °C	Απόλυτη πίεση	Ειδικός όγκος m ³ /kg		Ειδική πυκνότητα kg/m ³		Ενθαλπία kJ/kg			Εντροπία kJ (kg)(K)	
	kPa(abs)	Υγρού V _l	Ατμού V _g	Υγρού 1/V _l	Ατμού 1/V _g	Υγρού h _l	Λανθάνουσα h _{lg}	Ατμού h _g	Υγρού s _l	Ατμού s _g
-10	200.60	0.0008	0.0996	1325.3	10.044	186.7	206.2	392.9	0.9507	1.7341
-9	208.65	0.0008	0.0959	1322.1	10.428	188.0	205.4	393.5	0.9567	1.7334
-8	216.95	0.0008	0.0924	1319.0	10.823	189.3	204.7	394.1	0.9606	1.7327
-7	225.50	0.0008	0.0890	1315.8	11.231	190.7	204.0	394.7	0.9656	1.7321
-6	234.32	0.0008	0.0858	1312.6	11.650	192.0	203.3	395.3	0.9705	1.7314
-5	243.39	0.0008	0.0828	1309.4	12.082	193.3	202.5	395.9	0.9755	1.7308
-4	252.74	0.0008	0.0798	1306.2	12.526	194.6	201.8	396.4	0.9804	1.7302
-3	262.36	0.0008	0.0770	1303.0	12.983	196.0	201.1	397.0	0.9853	1.7295
-2	272.26	0.0008	0.0743	1299.8	13.454	197.3	200.3	397.6	0.9902	1.729
-1	282.45	0.0008	0.0718	1296.5	13.937	198.7	199.6	398.2	0.9951	1.7284
0	292.91	0.0008	0.0694	1293.2	14.432	200.0	198.9	398.7	1.0000	1.7278
5	311.28	0.0009	0.0638	1282.6	15.511	203.3	197.2	399.3	1.0050	1.7266
10	330.93	0.0009	0.0586	1272.0	16.726	206.6	195.5	399.8	1.0100	1.7254
15	351.86	0.0009	0.0538	1261.4	18.031	210.0	193.8	400.3	1.0150	1.7242
20	374.07	0.0009	0.0494	1250.8	19.441	213.4	192.1	400.8	1.0200	1.7230
25	397.56	0.0009	0.0454	1240.2	20.941	216.8	190.4	401.3	1.0250	1.7218
30	422.33	0.0009	0.0418	1229.6	22.516	220.2	188.7	401.8	1.0300	1.7206
35	448.38	0.0009	0.0386	1219.0	24.151	223.6	187.0	402.3	1.0350	1.7194
40	475.71	0.0009	0.0358	1208.4	25.831	227.0	185.3	402.8	1.0400	1.7182
45	504.32	0.0009	0.0334	1197.8	27.551	230.4	183.6	403.3	1.0450	1.7170
46	511.41	0.0009	0.0328	1196.0	28.000	231.5	183.2	403.4	1.0460	1.7168
47	519.11	0.0009	0.0322	1194.2	28.450	232.6	182.8	403.5	1.0470	1.7166
48	527.41	0.0009	0.0316	1192.4	28.900	233.7	182.4	403.6	1.0480	1.7164
49	536.31	0.0009	0.0310	1190.6	29.350	234.8	182.0	403.7	1.0490	1.7162
50	545.81	0.0009	0.0304	1188.8	29.800	235.9	181.6	403.8	1.0500	1.7160
51	555.91	0.0009	0.0298	1187.0	30.250	237.0	181.2	403.9	1.0510	1.7158
52	566.61	0.0009	0.0292	1185.2	30.700	238.1	180.8	404.0	1.0520	1.7156
53	577.91	0.0009	0.0286	1183.4	31.150	239.2	180.4	404.1	1.0530	1.7154
54	589.81	0.0009	0.0280	1181.6	31.600	240.3	180.0	404.2	1.0540	1.7152

Η δεύτερη στήλη δίνει την απόλυτη πίεση σε kPa. Η πρώτη στήλη δίνει τις θερμοκρασίες ατμοποίησης σε °C που αντιστοιχούν στην διπλανή πίεση. Σας δίνεται επίσης ότι το ρευστό πάει στην αναρρόφηση του συμπιεστή σε θερμοκρασία -5 °C και στην κατάθλιψη σε θερμοκρασία 50 °C. Να υπολογίσετε τον λόγο συμπίεσης του συμπιεστή. Πόση πίεση σε μονάδες bar θα δείξουν τα μανόμετρα στις θέσεις αυτές; Να θεωρήσετε ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι 103 kPa.

Απάντηση:

Ο λόγος συμπίεσης δίνεται από τον τύπο: $CR = \frac{P_{κατ}}{P_{αβ}}$. Επομένως χρειαζόμαστε τις τιμές για τις πιέσεις στο κλάσμα, οι οποίες είναι οι απόλυτες τιμές. Θα τις βρούμε από τον πίνακα που μας δίνεται δίπλα από την θερμοκρασία που αντιστοιχεί στην κατάθλιψη και στην αναρρόφηση. Δίπλα στους -5 °C της αναρρόφησης βρίσκουμε την απόλυτη πίεση $P_{αβ}=243,39$ kPa και δίπλα στους 50 °C της κατάθλιψης βρίσκουμε την πίεση κατάθλιψης $P_{κατ}=1319$ kPa. Άρα ο λόγος συμπίεσης θα είναι:

$$CR = \frac{P_{κατ}}{P_{αβ}} \Rightarrow CR = \frac{1319kPa}{243,39kPa} \Rightarrow CR = 5,42$$

Άρα ο λόγος συμπίεσης θα είναι 5,42.

Θα μετατρέψουμε τώρα τις πιέσεις της κατάθλιψης και της αναρρόφησης σε μονομετρικές. Για να γίνει αυτό θα αφαιρέσουμε από τις απόλυτες πιέσεις την ατμοσφαιρική, δηλαδή 103 kPa.

$$P'_{αβ} = 243,39kPa - 103kPa = 140,39 kPa$$

$$P'_{κατ} = 1319kPa - 103kPa = 1216 kPa$$

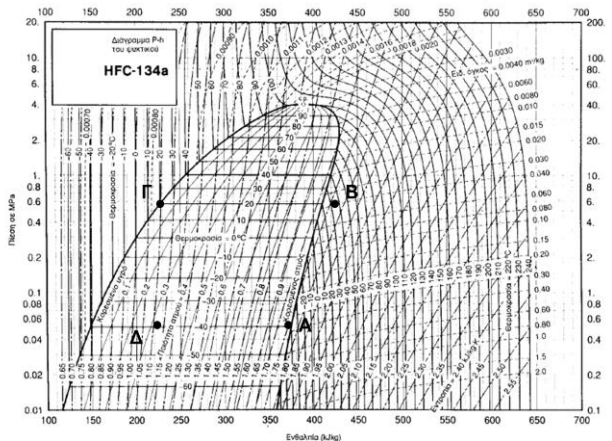
Κατόπιν, γνωρίζοντας ότι 1 bar ισούται με $10^5 Pa = 100$ kPa, θα διαιρέσουμε τις τιμές που βρήκαμε με τα 100 kPa για να βρούμε την τιμή σε bar.

$$P'_{αβ} = \frac{P_{αβ}(kPa)}{100 kPa/bar} \Rightarrow P'_{αβ} = \frac{140,39}{100} bar \Rightarrow P'_{αβ} = 1,4039 bar$$

$$P'_{κατ} = \frac{P_{κατ}(kPa)}{100 kPa/bar} \Rightarrow P'_{κατ} = \frac{1216}{100} bar \Rightarrow P'_{κατ} = 12,16 bar$$

Αυτές είναι οι ζητούμενες μονομετρικές πιέσεις στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη του συμπιεστή.

52. Στο επόμενο διάγραμμα p-h για το ψυκτικό ρευστό R134a δίνονται σημειωμένα τα τέσσερα σημεία A, B, Γ και Δ. Αυτά δείχνουν μια μεταβολή (ψυκτικό κύκλο) με την εξής σειρά μεταβολών: A→B→Γ→Δ→A.



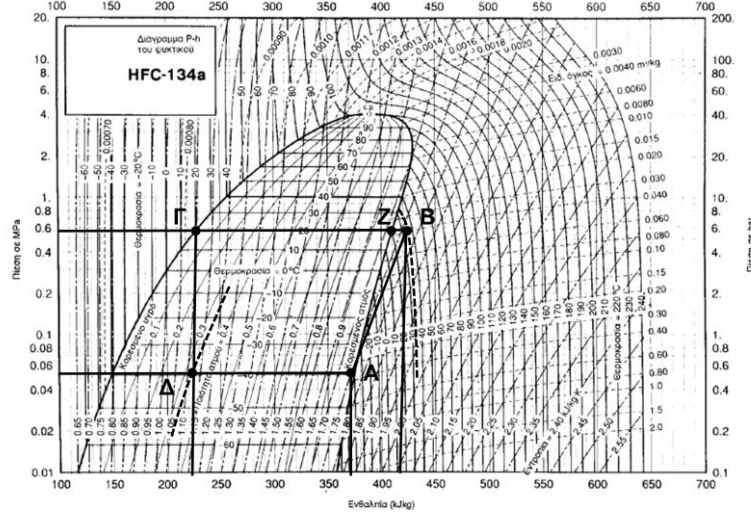
A. Να χαρακτηρίσετε την κατάσταση του ρευστού σε καθένα από αυτά.

- B. Για κάθε σημείο να βρείτε από το διάγραμμα την πίεση, την θερμοκρασία, την ειδική ενθαλπία και τον βαθμό ξηρότητας.
- C. Να ονομάσετε κάθε μια από τις τέσσερις μεταβολές.
- D. Σε ποιο σημείο πιστεύετε ότι αρχίζει η υγροποίηση των ατμών;
- E. Αν οι μεταβολές παριστάνουν ένα κύκλο ΑΒΓΔΑ σε μια ψυκτική μηχανή, να υπολογίσετε τον θεωρητικό συντελεστή συμπεριφοράς. Επίσης ποιος θα είναι ο λόγος συμπύεσης;

Απάντηση:

A. Το σημείο A βρίσκεται πάνω στην καμπύλη κορεσμένου ατμού (σχήμα 6.22 στο βιβλίο), άρα παριστάνει το ρευστό στην κατάσταση κορεσμένου ατμού. Το σημείο B βρίσκεται στην περιοχή υπέρθερμου ατμού (σχήμα 6.23 στο βιβλίο) άρα αντιστοιχεί σε ρευστό σε κατάσταση υπέρθερμου ατμού. Το σημείο Γ βρίσκεται πάνω στη γραμμή κορεσμένου υγρού (σχήμα 6.22 στο βιβλίο) οπότε δείχνει αυτή την κατάσταση. Τέλος, το σημείο Δ βρίσκεται στην περιοχή αλλαγής φάσης (σχήμα 6.23 στο βιβλίο) άρα αντιστοιχεί σε ρευστό με μια ποσότητα σε υγρή και μια άλλη σε κατάσταση ατμού.

B. Στο επόμενο διάγραμμα έχουμε φέρει τις ευθείες από τα τέσσερα σημεία προς τους δυο άξονες, της απόλυτης πίεσης και της ενθαλπίας, πάνω στους οποίους εντοπίζουμε τις τιμές των δύο αυτών μεγεθών. Για τις θερμοκρασίες των σημείων A, Γ και Δ αυτές εντοπίζονται από τις ισοθερμοκρασιακές, που είναι οριζόντιες, εντός της περιοχής αλλαγής φάσης (σχήμα 6.27 στο βιβλίο). Για το σημείο B έχουμε φέρει την αντίστοιχη ισοθερμοκρασιακή στην περιοχή του υπέρθερμου ατμού και βλέπουμε σε ποια θερμοκρασία αντιστοιχεί το B. Για τον βαθμό ξηρότητας έχουμε να πούμε τα εξής: το σημείο A είναι πάνω στην καμπύλη κορεσμένου ατμού, άρα ο βαθμός ξηρότητας είναι 100% (δεν έχει μείνει καθόλου υγρό). Το σημείο B είναι υπέρθερμος ατμός, άρα έχει και αυτό βαθμό ξηρότητας 100%. Το σημείο Γ είναι πάνω στην καμπύλη κορεσμένου υγρού, άρα ο βαθμός ξηρότητας είναι 0% (δεν έχει καθόλου ατμό). Το σημείο Δ είναι στην περιοχή αλλαγής φάσης και εντοπίζουμε από τις γραμμές σταθερής ξηρότητας ότι είναι στο 34%.



Μπορούμε να κάνουμε τον επόμενο πίνακα, στον οποίο έχουμε τοποθετήσει όλα τα προηγούμενα μεγέθη, όπως αυτά προέκυψαν από τις ευθείες που είπαμε ότι τραβήξαμε και από τις σκέψεις που εκτέθηκαν.

ΣΗΜΕΙΟ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΙΕΣΗ (MPa)	ΕΙΔΙΚΗ ΕΝΘΑΛΠΙΑ (kJ/kg)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΒΑΘΟΣ ΞΗΡΟΤΗΤΑΣ (%)
A	Κορ. Ατμός	0,055	362	-40	100
B	Υπέρ. Ατμός	0,590	405	34	100
Γ	Κορ. Υγρό	0,590	222	20	0
Δ	Υγρό και Αέριο	0,055	222	-40	34

C. Στη μεταβολή AB, εμφανώς η πίεση αυξάνεται και παρατηρούμε ότι μάλλον η καμπύλη ακολουθεί καμπύλη σταθερής εντροπίας (σχήμα 6.29 του βιβλίου), άρα η μεταβολή είναι ισεντροπική συμπίεση. Η μεταβολή ΒΓ διατηρεί σταθερή πίεση και βλέπουμε ότι μειώνεται η θερμοκρασία, μέχρι το σημείο που η ευθεία συναντά την καμπύλη κορεσμένου ατμού, οπότε αρχίζει η συμπύκνωση. Όλα αυτά για να γίνουν πρέπει να έχουμε ψύξη του ρευστού. Άρα η μεταβολή είναι ισόθλιπτη ψύξη. Η μεταβολή ΓΔ έχει σταθερή ενθαλπία αλλά μειώνεται η πίεση, δηλαδή έχουμε εκτόνωση, οπότε μπορούμε να τη χαρακτηρίσουμε ως ισενθαλπική εκτόνωση. Τέλος, η μεταβολή ΔΑ, λόγω της αύξησης του βαθμού ξηρότητας, καταλαβαίνουμε ότι είναι εξάτμιση, η οποία οφείλεται σε θέρμανση και φαίνεται ότι γίνεται με σταθερή πίεση. Άρα είναι ισόθλιπτη θέρμανση.

D. Ατμούς έχουμε στο σημείο Β και στην γύρω περιοχή. Για να υγροποιηθούν οι ατμοί πρέπει να γίνει ψύξη, η οποία γίνεται κατά τη μεταβολή από το Β στο Γ. Οι ατμοί θα αρχίσουν να υγροποιούνται όταν η μεταβολή συναντήσει την καμπύλη κορεσμένου ατμού. Άρα το ζητούμενο σημείο είναι το Ζ στο σχήμα μας.

E. Ο θεωρητικός συντελεστής συμπεριφοράς δίνεται από τον τύπο $COP = \frac{\text{Ψυκτική Ισχύς}}{\text{Ισχύς Συμπιεστή}}$. Η ισχύς του συμπιεστή όλη μεταφέρεται στο ρευστό κατά τη συμπίεση. Επομένως αντιπροσωπεύεται από την ενθαλπία που απέκτησε το ρευστό στη συμπίεση. Από τον πίνακα του ερωτήματος Β βλέπουμε ότι το ρευστό πήρε ενθαλπία $h_B - h_A = 405 - 362 = 43 \text{ kJ/kg}$. Η Ψυκτική ισχύς είναι ουσιαστικά η ενθαλπία που απέκτησε το ψυκτικό από το χώρο του ψυκτικού θαλάμου (παίρνοντας το θερμικό φορτίο του χώρου). Αντιπροσωπεύεται από τη διαφορά των ενθαλπιών των σημείων εισόδου και εξόδου του ψυκτικού στο χώρο ψύξης, άρα είναι $h_A - h_D = 362 - 222 = 140 \text{ kJ/kg}$. Τώρα είμαστε σε θέση με την εφαρμογή του τύπου να βρούμε το

ζητούμενο συντελεστή: $COP = \frac{\text{Ψυκτική Ισχύς}}{\text{Ισχύς Συμπιεστή}} = \frac{140 \text{ kJ/kg}}{43 \text{ kJ/kg}} = 3,26$. Αυτός είναι.

Για το λόγο συμπίεσης θα εφαρμόσουμε τον τύπο: $CR = \frac{P_{κατ}}{P_{αν}}$. Όπου $P_{κατ}$ είναι η απόλυτη πίεση κατάθλιψης, και εδώ είναι η πίεση του σημείου Β και είναι 0,590 MPa, ενώ $P_{αν}$ είναι η πίεση στην αναρρόφηση του συμπιεστή, άρα η πίεση στο σημείο Α, η οποία είναι 0,055 MPa. Να σημειώσουμε ότι οι πιέσεις αυτές είναι απόλυτες και έτσι τις αντικαθιστούμε στον τύπο και βρίσκουμε το ζητούμενο: $CR = \frac{P_{κατ}}{P_{αν}} = \frac{0,590 \text{ MPa}}{0,055 \text{ MPa}} = 10,7$. Αυτός είναι ο ζητούμενος λόγος ή βαθμός συμπίεσης.

53. Στον συμπιεστή φτάνει ψυκτικό R134a από καταψύκτη σε κατάσταση κορεσμένου ατμού, με θερμοκρασία $-28 \text{ }^\circ\text{C}$. Το αέριο συμπιέζεται ισεντροπικά και στην κατάθλιψη έχει θερμοκρασία $70 \text{ }^\circ\text{C}$.

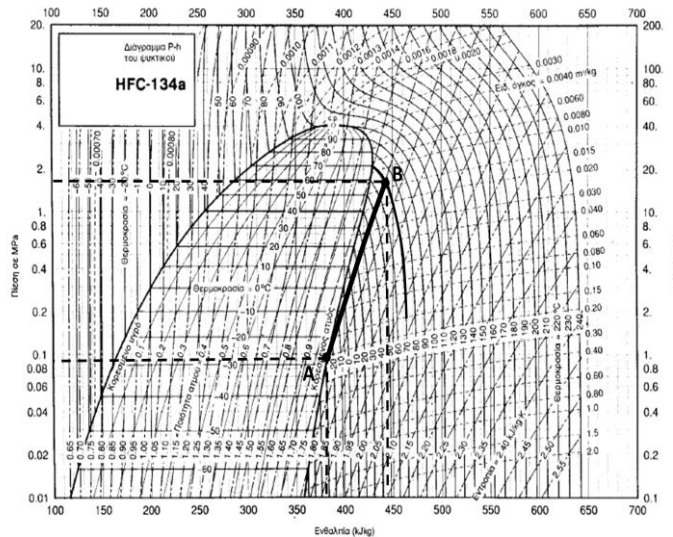
- Να παραστήσετε την ισεντροπική συμπίεση του αερίου στο διάγραμμα p-h.
- Να βρείτε την πίεση στην αναρρόφηση και στην κατάθλιψη, καθώς και τις ειδικές ενθαλπίες στην αρχή και στο τέλος της συμπίεσης.
- Αν η ισχύς του συμπιεστή είναι 1kW να υπολογίσετε την παροχή μάζας ψυκτικού στο κύκλωμα σε kg ανά λεπτό, kg/min.
- Ποιος είναι ο λόγος συμπίεσης στο συμπιεστή;

Απάντηση:

A. Στο διάγραμμα p-h για το ψυκτικό R134a πρέπει να εντοπίσουμε το σημείο που παριστάνει την αναρρόφηση (έστω το όνομα Α) και το σημείο Β που παριστάνει την κατάθλιψη, δηλαδή την έξοδο του αερίου από το συμπιεστή. Η άσκηση μας δίνει ότι το Α είναι κορεσμένος ατμός, άρα θα βρίσκεται πάνω στην καμπύλη κορεσμένου ατμού. Θα βρίσκεται επίσης και στους $-28 \text{ }^\circ\text{C}$, που τους βρίσκουμε σε μια ευθεία στο χώρο υγρού και ατμού, λίγο πιο πάνω από την ευθεία των $-30 \text{ }^\circ\text{C}$. Το σημείο φαίνεται στο επόμενο σχήμα. Για να βρούμε το σημείο Β, από το σημείο Α θα ακολουθήσουμε την πλησιέστερη ισεντροπική καμπύλη προς τα επάνω. Την έχουμε σημαδέψει με έντονη γραμμή στο σχήμα. Αυτή η ισεντροπική, εκεί που θα συναντήσει την ισοθερμοκρασιακή των $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (την έχουμε σημαδέψει έντονα στο διάγραμμα) εκεί θα είναι το σημείο Β που αποτελεί την έξοδο του συμπιεστή. Επομένως η καμπύλη AB παριστάνει τη ζητούμενη συμπίεση.

B. Από τα σημεία A (αναρρόφηση) και B (κατάθλιψη) φέρνουμε τις οριζόντιες διακεκομμένες που φαίνονται στο σχήμα και εκεί που τέμνουν τον κατακόρυφο άξονα βλέπω την πίεση. Από τα ίδια σημεία, φέρνοντας τις κατακόρυφες, βρίσκω στον οριζόντιο άξονα τις αντίστοιχες ενθαλπίες. Μπορώ και κάνω τον επόμενο πίνακα με τις τιμές που βρήκαμε στο διάγραμμα. Στην πίεση έχουμε δώσει τιμή και σε MPa και σε bar (1 bar = 0,1 MPa)

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ	ΚΑΤΑΘΛΙΨΗ
ΠΙΕΣΗ (MPa/bar)	0,09 / 0,9	1,7 / 17
ΕΝΘΑΛΠΙΑ (kJ/kg)	380	445



C. Εδώ ερχόμαστε σε ένα θέμα που δεν αναφέρεται επαρκώς στο βιβλίο, αλλά στις πανελλαδικές του 2019 ζητήθηκε η γνώση του, σε άσκηση που δόθηκε. Εννοείται πως σε κάθε κλειστό κύκλωμα, όπως είναι και το ψυκτικό, η παροχή μάζας θα είναι σε όλα τα σημεία του κύκλου η ίδια. Πρέπει να υπολογίσουμε τη σχέση που έχει η παροχή μάζας του ψυκτικού με την ισχύ του συμπιεστή. Αντιστοίχως θα έχουμε και τη σχέση της ίδιας παροχής μάζας με την ισχύ του συμπυκνωτή ή του εξατμιστή. Ας διευκρινίσουμε πρώτα ότι η ειδική ενθαλπία στα διαγράμματα p-h δίνεται σε μονάδες kJ/kg. Δηλαδή δείχνει την ενέργεια (kJ) που δίνουμε ή παίρνουμε από κάθε kg που περνά από το συγκεκριμένο σημείο. Αν περνά ένα kg θα παίρνει ή θα δίνει 1 kJ θερμότητα. Όταν έχουμε μια μεταβολή, όπως τώρα από το A στο B, η διαφορά των ενθαλπιών $h_B - h_A$ μας δείχνει πόση θερμότητα πήρε το κάθε κιλό από το ψυκτικό από τη συμπίεση. Αν πολλαπλασιάσουμε την παροχή του ψυκτικού (δηλαδή τα kg ανά δευτερόλεπτο) επί την διαφορά των ενθαλπιών (τα kJ ανά κιλό) θα βρούμε πόσα kJ δίνονται στο ψυκτικό ανά δευτερόλεπτο: kJ/sec. Αλλά αυτή είναι ακριβώς η ισχύς του συμπιεστή. Τη θερμότητα ανά δευτερόλεπτο δηλαδή που πήρε το ψυκτικό από το A στο B την έδωσε ο συμπιεστής, άρα μας δείχνει και την ισχύ του.

Άρα για το συμπιεστή θα ισχύει: $P_{\Sigma} = \dot{m} \cdot (h_B - h_A)$. Στη σχέση αυτή το σύμβολο \dot{m} είναι για την παροχή μάζας, και ως προς αυτήν πρέπει να λύσουμε αυτή τη σχέση. Όμως πρέπει να θυμηθούμε ότι Watt σημαίνει J/sec, άρα 1kW= 1kJ/sec.

$$P_{\Sigma} = \dot{m} \cdot (h_B - h_A) \Rightarrow \dot{m} = \frac{P_{\Sigma}}{h_B - h_A} \Rightarrow \dot{m} = \frac{1 \text{ kW}}{445 \text{ kJ/kg} - 380 \text{ kJ/kg}} \Rightarrow \dot{m} = \frac{1 \text{ kJ/sec}}{65 \text{ kJ/kg}}$$

$$\Rightarrow \dot{m} = 0,0154 \text{ kg/sec} \text{ άρα } \dot{m} = 0,0154 \text{ kg/sec} \cdot 60 \text{ sec/min} = 0,924 \text{ kg/min} = 924 \text{ gr/min}$$

Άρα η παροχή ψυκτικού στο κύκλωμα είναι $0,924 \text{ kg/min}$.

D. για το λόγο συμπίεσης ισχύει ο τύπος: $CR = \frac{P_{κατ}}{P_{αν}}$, όπου οι πιέσεις είναι οι απόλυτες. Όμως τα διαγράμματα μας δίνουν τις απόλυτες πιέσεις, άρα από το δεύτερο ερώτημα αντικαθιστούμε τις αντίστοιχες τιμές. Οι μονάδες της πίεσης δεν έχουν σημασία, αφού απλοποιούνται. Εμείς εδώ βάλουμε bar.

$$CR = \frac{P_{κατ}}{P_{αν}} \Rightarrow CR = \frac{17bar}{0,9bar} \Rightarrow CR = 18,88$$

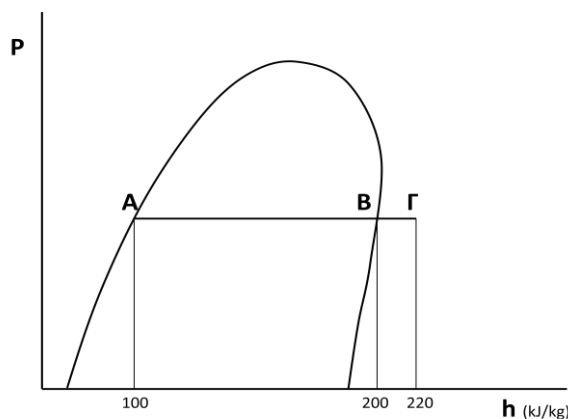
Ο λόγος συμπίεσης είναι 18,88. Είναι τεράστιος βέβαια αλλά σημασία έχει ο τρόπος λύσης της άσκησης.

Να δώσουμε μια ακόμα διευκρίνιση για την παροχή μάζας στο ψυκτικό κύκλωμα. Ας υποθέσουμε ότι το ψυκτικό ρευστό περνά από ένα όργανο ή σύστημα ισχύος 1 kW ή 1 kJ/s. Δηλαδή το ψυκτικό πήρε ή έδωσε **σε ένα δευτερόλεπτο θερμότητα 1 kJ**. Κάνουμε το διάγραμμα και βρίσκουμε ότι στο ίδιο όργανο πήρε ή έδωσε ενθαλπία α kJ/kg. Αυτό σημαίνει ότι **κάθε κιλό** ψυκτικού που περνούσε από εκεί έδινε ή έπαιρνε **θερμότητα ίση με α kJ**. Επομένως, σε α δευτερόλεπτα περνά ένα κιλό ψυκτικού (αυτό πρέπει να το καταλάβετε γιατί είναι βασικό). Επειδή η παροχή είναι τα κιλά που περνούν σε κάθε δευτερόλεπτο, σημαίνει ότι στην περίπτωση που η ισχύς είναι 1 kJ/s η παροχή θα είναι $1/\alpha$ kg/s (με απλή μέθοδο των τριών έχουμε αυτό το αποτέλεσμα). Οπότε, αν η ισχύς δεν είναι 1 kJ/s αλλά β kJ/s, τότε η παροχή θα είναι $\beta \cdot \frac{1}{\alpha}$ kg/s. Επομένως θα ισχύει: $\dot{m} = \beta \cdot \frac{1}{\alpha} = \frac{\beta}{\alpha}$. Όμως β είναι η ισχύς και α η ενθαλπία. Έτσι θα ισχύει:

$$\dot{m} = \frac{\text{ισχύς}}{\text{ενθαλπία}} \Rightarrow \dot{m} \cdot (h_B - h_A) = P_{\Sigma}$$

Όπου: \dot{m} είναι η παροχή μάζας, $h_B - h_A$ είναι η διαφορά των ενθαλπιών στο όργανο που η ισχύς είναι P_{Σ} . Πρέπει να δώσουμε σημασία στις μονάδες γιατί ο τύπος είναι γενικός και θα πρέπει να δουλεύουμε στο διεθνές σύστημα μονάδων, SI.

54. Δίνεται το παρακάτω διάγραμμα p-h μιας ψυκτικής διάταξης με τις τιμές της ενθαλπίας που φαίνονται στα αντίστοιχα σημεία. Η μεταβολή είναι από τη κατάσταση A στην Γ. Να υπολογίσετε πόσο ποσόν αισθητής και πόσο λανθάνουσας θερμότητας δέχεται κάθε κιλό ψυκτικού στη μεταβολή του από το A στο Γ. Αν η παροχή μάζας είναι $\dot{m} = 0,1 \text{ kg/sec}$ και η μεταβολή ΑΓ αντιπροσωπεύει όλη την ψυκτική ισχύ της εγκατάστασης τότε να την υπολογίσετε.



Απάντηση:

Στο διάγραμμα p-h, μέσα στην λεγόμενη καμπάνα, παριστάνεται η εξάτμιση του ψυκτικού. Επειδή μέσα στην καμπάνα συνυπάρχουν υγρό και ατμός (αλλαγή φάσης, σταθερή θερμοκρασία και πίεση) η μεταβολή AB παριστάνει θέρμανση του ψυκτικού με λανθάνουσα θερμότητα. Όμως έξω από την καμπύλη, μεταβολή ΒΓ, το αέριο πλέον συνεχίζει να θερμαίνεται με αύξηση της θερμοκρασίας του, άρα η θερμότητα πλέον είναι αισθητή. Άρα έχουμε:

Λανθάνουσα θερμότητα ενός kg: $h_B - h_A = 200 - 100 = 100$ kJ/kg.

Αισθητή θερμότητα ενός kg: $h_{\Gamma} - h_B = 220 - 200 = 20$ kJ/kg.

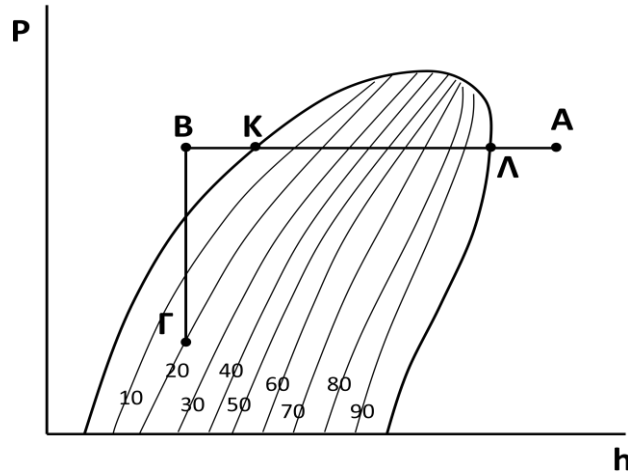
Στην λύση της προηγούμενης άσκησης εξηγήσαμε ότι σε μια μεταβολή ψυκτικού, αν πολλαπλασιάσουμε την διαφορά ενθαλπιών της μεταβολής (μονάδες kJ/kg) με την παροχή

μάζας (μονάδες kg/sec) θα βρούμε την ισχύ σε kW. Επομένως εδώ για να βρούμε την ψυκτική ισχύ θα κάνουμε:

$$P_{\psi} = \dot{m} \cdot (h_{\Gamma} - h_B) \Rightarrow P_{\psi} = 0,1 \text{ kg/sec} \cdot (220 \text{ kJ/kg} - 100 \text{ kJ/kg}) \Rightarrow P_{\psi} = 12 \text{ kJ/sec} = 12 \text{ kW}$$

Άρα η ψυκτική ικανότητα είναι 12 kW.

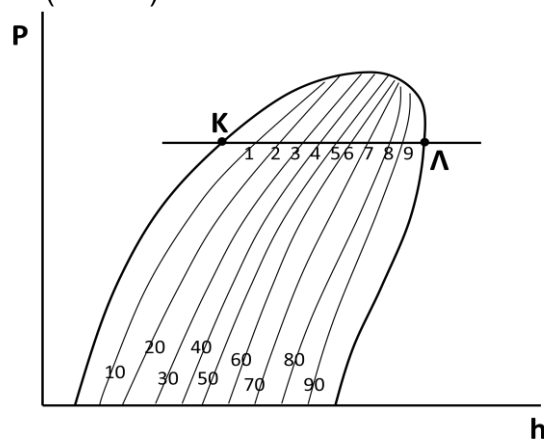
55. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνονται δυο μεταβολές στο διάγραμμα p-h ενός ψυκτικού ρευστού: η AB και η ΒΓ. Στο διάγραμμα φαίνονται οι γραμμές σταθερού βαθμού ξηρότητας.



- Να αναφέρετε τι είδους μεταβολές είναι κάθε μία.
- Η μεταβολή από το K στο B πως ονομάζεται και τι γίνεται εκεί στο ρευστό;
- Να πείτε πόσο ποσοστό είναι υγρό και τι ποσοστό έχει εξατμιστεί στο σημείο Γ.

Απάντηση:

Αρχική παρατήρηση: οι καμπύλες σταθερής ξηρότητας μας δείχνουν το ποσοστό μάζας (από την αρχική, που δεν υπήρχε ακόμα καθόλου ατμός) του υγρού που έχει εξατμιστεί στο εκτονωτικό μέσο ή μέσα στον εξατμιστή. Αν λοιπόν πάρουμε μια ευθεία οριζόντια γραμμή, σταθερής πίεσης (και θερμοκρασίας) μέσα στην καμπάνα, αυτή θα τέμνει τις καμπύλες αυτές σε εννέα σημεία (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 και 9) και σε άλλα δύο στις άκρες: την καμπύλη κορεσμένου υγρού και αερίου (K και Λ).



Το κάθε σημείο από αυτά διαφέρει από το κάθε γειτονικό του κατά το 10% της αρχικής μάζας του ψυκτικού υγρού. Άρα αυτή η ποσότητα είναι σταθερή σε μάζα. Επομένως κάθε κομμάτι από αυτά τα δέκα που χωρίστηκε η μεταβολή ΚΛ, αντιπροσωπεύει το 10% της μάζας του αρχικού υγρού. Άρα τα μήκη αυτά πρέπει να είναι ίσα στο διάγραμμα, για κάθε οριζόντια ευθεία που τραβάμε. Και δεν θα έχουν το ίδιο μήκος, αλλά αυτό θα είναι διαφορετικό όταν αλλάζει το ύψος της ευθείας, η πίεση δηλαδή. Βέβαια αυτά τα μήκη μας δείχνουν και την ενθαλπία που απορρόφησε η αντίστοιχη μάζα του ψυκτικού και αν τα μήκη είναι ίσα θα είναι

ίσες και οι ενθαλπίες. Μα είναι λογικό: για ίδια ποσότητα υγρού απαιτείται ίδια ποσότητα ενθαλπίας να το εξατμίσει (δεδομένου ότι πίεση και θερμοκρασία μένουν σταθερές).

Συνεχίζουμε στη λύση της άσκησης.

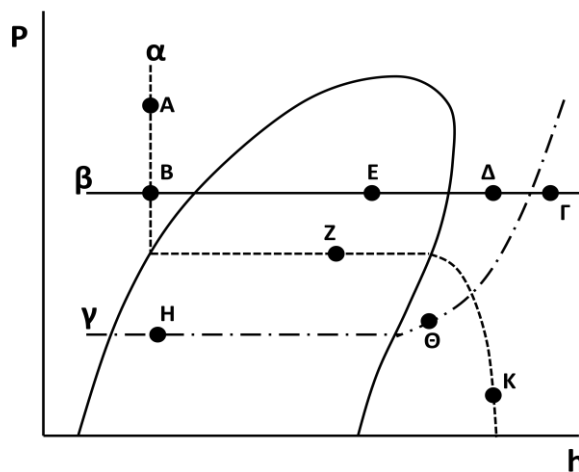
A. Από το A στο B γίνεται ισόθλιπτη συμπύκνωση, αφού η πίεση φαίνεται ότι μένει σταθερή. Στο ψυκτικό αρχικά μειώνεται η θερμοκρασία του και αρχίζει να υγροποιείται στο σημείο Λ, όπου η γραμμή της μεταβολής τέμνει την γραμμή κορεσμένου ατμού. Στο σημείο K τελειώνει η υγροποίηση και από εκεί μέχρι το B έχουμε υπόψυξη. Στο σημείο B μπαίνει το ψυκτικό στο εκτονωτικό μέσο η γραμμή ΒΓ είναι η εκτόνωση, η οποία είναι σταθερής ενθαλπίας.

B. Από το K στο B γίνεται υπόψυξη του υγρού. Στο σημείο K τελειώνει η συμπύκνωση και μέχρι το ψυκτικό να φτάσει στο εκτονωτικό μέσο φαίνεται από το διάγραμμα ότι ψύχεται κι άλλο, με αποτέλεσμα να μειωθεί περαιτέρω η θερμοκρασία του.

C. Στο σημείο Γ βλέπουμε ότι ο βαθμός ξηρότητας είναι 20%. Αυτό σημαίνει ότι το 20% της μάζας του υγρού έχει εξατμιστεί. Άρα το 20% είναι αέριο και το 80% υγρό.

56. Στο επόμενο διάγραμμα πίεσης - ενθαλπίας με την καμπάνα ενός ψυκτικού, φαίνονται τρεις γραμμές με τις ονομασίες α, β και γ. Σας δίνονται πάνω σε αυτές επίσης τα σημεία A, B, Γ, Δ, E, Z, H, Θ και K. Τα σημεία αυτά είναι 9, και σε κάθε ένα αντιστοιχεί και μια θερμοκρασία. Σας δίνονται λοιπόν 9 θερμοκρασίες στον παρακάτω μικρό πίνακα και πρέπει να αντιστοιχίσετε κάθε σημείο από τα 9 με μια από αυτές. Η θερμοκρασία των 40 °C να προσέξετε ότι δίνεται για τέσσερα σημεία.

-10 °C	10 °C	40 °C	40 °C	40 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



ΣΗΜΕΙΟ	A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ	K
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ									

Απάντηση:

Ας αρχίσουμε από τα εύκολα: η διακεκομμένη γραμμή (α) παριστάνει μια ισοθερμοκρασιακή (σχήμα 6.27 του βιβλίου), άρα όλα τα σημεία που βρίσκονται πάνω της έχουν την ίδια θερμοκρασία. Αυτά τα σημεία είναι 4 και είναι τα A, B, Z και K και ασφαλώς θα έχουν την θερμοκρασία 40 °C, που δίνεται τέσσερις φορές.

Ας πάμε τώρα στην ευθεία (β) που παριστάνει μια ευθεία σταθερής πίεσης. Το σημείο E αφού είναι μέσα στην καμπύλη, αλλά πάνω από το Z, θα έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από αυτό. Όμως το Δ είναι έξω από την καμπάνα και θα έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από το E. Το δε Γ θα έχει ακόμα μεγαλύτερη από το Δ, αφού βρίσκεται πιο δεξιά από αυτό. Άρα τα σημεία E, Δ και Γ θα έχουν μικρή, μεσαία και μεγάλη θερμοκρασία με αυτή τη σειρά. Και μάλιστα είπαμε ότι θα είναι και μεγαλύτερες από 40 °C. Όμως οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τους 40 °C είναι οι τρεις οι οποίες και θα αντιστοιχούν σε αυτά τα σημεία και με αυτή τη σειρά. Δηλαδή: E → 50 °C, Δ → 60 °C και Γ → 70 °C.

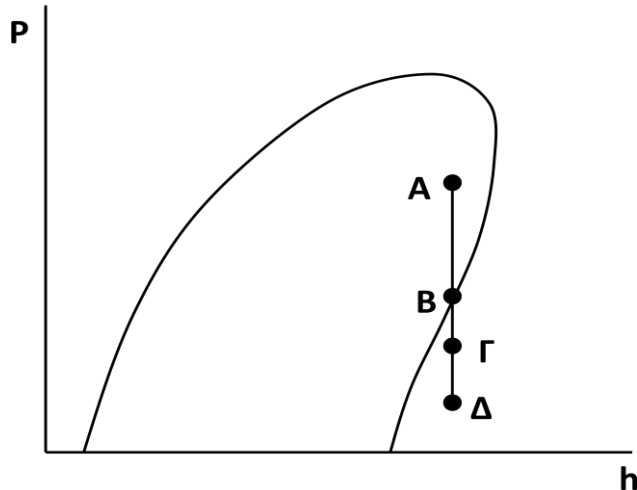
Το σημείο H είναι μέσα στην καμπάνα και κάτω από το Z, άρα θα έχει θερμοκρασία μικρότερη από αυτό. Δηλαδή θα έχει είτε -10 °C είτε 10 °C. Όμως η ισοθερμοκρασιακή στην οποία ανήκει το H, όταν περάσει την καμπύλη κορεσμένου ατμού, θα οδεύει δεξιά και προς τα

κάτω (όπως η ισοθερμοκρασιακή με το συμβολισμό α). Άρα το σημείο Θ, που βρίσκεται πιο πάνω, έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από το Η. Επομένως το Η έχει τη μικρότερη από τις προαναφερθείσες θερμοκρασίες (-10 °C και 10 °C). Οπότε στο Η αντιστοιχεί η -10 °C και στο Θ η 10 °C. Να πούμε, ως διευκρίνιση, ότι στο Θ η θερμοκρασία θα είναι μικρότερη από 40 °C, αφού βρίσκεται πιο κάτω από την αντίστοιχη ισοθερμοκρασιακή.

Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει τα αποτελέσματα στα οποία καταλήξαμε:

ΣΗΜΕΙΟ	A	B	Γ	Δ	E	Z	H	Θ	K
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	40	40	70	60	50	40	-10	10	40

57. Στο επόμενο διάγραμμα πίεσης – ενθαλπίας που σας δίνεται υπάρχει μια μεταβολή (ευθεία) από το A στο Δ μέσω των σημείων B και Γ. Μπορείτε να εξηγήσετε τι συμβαίνει στο ψυκτικό για να έχουμε διαδοχικά τις καταστάσεις που αυτή η ευθεία περιγράφει;



Απάντηση:

Η μεταβολή ολόκληρη είναι υπό σταθερή ενθαλπία, αφού είναι κατακόρυφη. Ταυτόχρονα η πίεση μειώνεται. Επειδή το σημείο A βρίσκεται μέσα στην λεγόμενη καμπάνα του ψυκτικού μέσου (στην άσκηση δεν έχει σημασία ποιο είναι αυτό το ψυκτικό), σε αυτή την κατάσταση το ψυκτικό ρευστό περιέχει και υγρό αλλά και ατμό. Για να φτάσει στο σημείο B μειώνεται η πίεση μέχρι να εξατμιστεί όλο το υγρό και στο B έχουμε κορεσμένο ατμό. Ουσιαστικά γίνεται μια εκτόνωση, αλλά για να μην αλλάζει η ενθαλπία πρέπει να γίνεται πολύ γρήγορα, όπως γίνεται στις εκτονωτικές βαλβίδες. Όμως στο A υπήρχε αρκετό υγρό ενώ στο B δεν υπάρχει καθόλου. Αυτό σημαίνει ότι το ψυκτικό πήρε ενέργεια για να εξατμιστεί. Άρα θερμάνθηκε από το περιβάλλον. Όμως, αφ' ενός η ενθαλπία (που είναι ενέργεια) δεν άλλαξε και αφ' ετέρου η θερμοκρασία μειώθηκε (αφού η θερμοκρασία στο B είναι μικρότερη από την θερμοκρασία στο A). Φαίνονται ότι αυτά είναι αντίθετα με το ότι εμείς θερμάναμε το ψυκτικό. Δηλαδή λέμε ότι θερμάναμε αλλά η θερμοκρασία του μειώθηκε. Πως γίνεται;

Υπάρχουν δυο λόγοι: πρώτον πέφτει η πίεση στον ατμό. Και όταν πέφτει η πίεση, το αέριο – ατμός ψύχεται. Δεύτερον, την ενέργεια που δίνουμε για τη θέρμανση την παίρνουν τα μόρια του υγρού για να γίνουν αέριο (λανθάνουσα θερμότητα) και όχι για αύξηση θερμοκρασίας. Μάλιστα το αέριο που προκύπτει δεν έχει τη θερμοκρασία που είχε το υγρό από το οποίο προέκυψε, αλλά πολύ λιγότερη. Πιστεύουμε ότι αυτή είναι η εξήγηση του φαινομένου.

Από το σημείο B και μετά μειώνεται η θερμοκρασία μέχρι το Γ. Αυτό το καταλαβαίνουμε από τη μορφή των καμπυλών σταθερής θερμοκρασίας (σχήμα 6.27 του βιβλίου, στην περιοχή υπέρθερμου ατμού). Αφού βλέπουμε ότι έχει μειωθεί η θερμοκρασία στο αέριο, σημαίνει ότι το ψύξαμε, αν δεν είναι αρκετή η ψύξη που υφίσταται λόγω της μείωσης της πίεσής του. Στο σημείο Δ η πίεση και η θερμοκρασία έχουν μειωθεί κι άλλο για τους ίδιους λόγους.

Κεφάλαιο 6**6.2. Ερωτήσεις - Δραστηριότητες σχολικού βιβλίου**

1. Τι θα συμβεί αν ένα ψυκτικό κύκλωμα που έχει τριχοειδή σωλήνα ως εκτονωτικό μέσο υπερφορτωθεί με ψυκτικό ρευστό;

- A) Θα έχουμε παγοφραγμό στο εκτονωτικό μέσο.
- B) Τίποτα.
- Γ) Η πίεση κατάθλιψης θα γίνει υψηλότερη.
- Δ) Το ψυκτικό αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερο.

Απάντηση:

Να υπενθυμίσουμε εδώ ότι ψυκτικό αποτέλεσμα είναι η διαφορά των ενθαλπιών μεταξύ εξόδου και εισόδου του εξατμιστή. Άρα είναι η θερμότητα που απορροφά κάθε κιλό ψυκτικού και όχι η συνολική ψυκτική ισχύς του εξατμιστή.

A) Ο παγοφραγμός δεν έχει καμιά σχέση με την ποσότητα του ψυκτικού υγρού, αλλά μόνο με την υγρασία που υπάρχει σε αυτό. Άρα δεν είναι αυτή η σωστή απάντηση.

B) Η απάντηση τίποτα δεν μπορεί να είναι σωστή γιατί τα ψυκτικά μηχανήματα συνήθως αναφέρουν την ακριβή ποσότητα ψυκτικού ρευστού για τη σωστή λειτουργία τους. Αυτό σημαίνει ότι αν βάλουμε περισσότερο δεν θα δουλεύει σωστά για κάποιο λόγο.

Γ) Ας υποθέσουμε ότι έχει αυξηθεί η ποσότητα του ψυκτικού σε ένα κύκλωμα με τριχοειδή σωλήνα. Αν ο συμπιεστής έχει την ικανότητα, θα εργάζεται περισσότερο. Η επί πλέον ποσότητα του ρευστού θα μοιραστεί στον εξατμιστή και στον συμπυκνωτή. Αυτό σημαίνει ότι θα αυξηθούν οι πιέσεις σε αυτές τις δυο συσκευές. Επομένως η πίεση της κατάθλιψης θα γίνει μεγαλύτερη, άρα το (Γ) θα ισχύει σίγουρα.

Η αύξηση του ψυκτικού στον εξατμιστή θα αυξήσει την πίεση σε αυτόν, άρα θα αυξήσει και την θερμοκρασία ατμοποίησης. Η αυξημένη θερμοκρασία ατμοποίησης θα δώσει μικρότερο ψυκτικό αποτέλεσμα από πριν. Αυτό φαίνεται από τη μορφή της καμπάνας του διαγράμματος πίεσης-ενθαλπίας, οπότε η απάντηση (Δ) δεν είναι αποδεκτή. Άρα θα δεχτούμε ότι η απάντηση (Γ) είναι η σωστή απάντηση.

2. Γιατί στα ψυκτικά κυκλώματα τοποθετείται φίλτρο πριν από τον τριχοειδή σωλήνα;

- A) Για να συγκρατεί την υγρασία του συστήματος.
- B) Για να συγκρατεί τα ξένα σωματίδια του συστήματος.
- Γ) Για να φιλτράρει το λιπαντικό του συστήματος.
- Δ) Για να απομακρύνει τον αέρα από το σύστημα.

Απάντηση:

Φίλτρα υπάρχουν για δυο χρήσεις: είτε για να συγκρατούν ξένα σωματίδια που τυχόν βρίσκονται στο κύκλωμα, είτε για να συγκρατούν την υγρασία (αλλά ταυτόχρονα συγκρατούν και μικρά σωματίδια), και τότε ονομάζονται αφυγραντήρες. Στο σχολικό βιβλίο στη σελίδα 175 αναφέρεται ότι υπάρχουν τα λεγόμενα «φίλτρα-ξηραντήρες» που είναι και για τις δυο αυτές δουλειές. Παρακάτω βέβαια αναφέρει ότι το φίλτρο συγκρατεί τα στερεά σωματίδια. Άρα δεχόμαστε την απάντηση (B) για την περίπτωση.

3. Τι συμβαίνει με της πίεσης ενός ψυκτικού συστήματος με τριχοειδή σωλήνα κατά της παύσης λειτουργίας;

- A) Η πίεση της χαμηλής πλευράς ανεβαίνει, ενώ η πίεση της υψηλής πλευράς παραμένει σταθερή.
- B) Αυξάνονται λίγο οι πιέσεις και των δύο πλευρών.
- Γ) Οι πιέσεις μένουν όπως ήταν πριν από την παύση.
- Δ) Οι πιέσεις τείνουν να εξισωθούν.

Απάντηση:

Όταν το ψυκτικό μηχανήμα εργάζεται υπάρχουν δυο σημεία που ξεχωρίζουν την χαμηλή από την υψηλή πίεση: το εκτονωτικό μέσο και ο συμπιεστής. Όταν σταματήσει ο συμπιεστής τη λειτουργία του οι βαλβίδες, αν δεν έχουν κάποιο πρόβλημα, θα είναι τελείως κλειστές και δεν θα έχουμε ροή μέσω αυτών από την πλευρά της υψηλής προς τη χαμηλή για να εξισωθούν οι πιέσεις. Όμως ο τριχοειδής επιτρέπει την μετακίνηση του ρευστού και έτσι το

ψυκτικό θα κινηθεί προς την πλευρά της χαμηλής πίεσης μέχρι οι πιέσεις να εξισωθούν. Άρα δεχόμαστε την απάντηση (Δ).

Αν το μηχάνημα είχε άλλο είδος εκτονωτικού μέσου δεν θα ήταν έτσι τα πράγματα. Το πιο πιθανόν θα ήταν η θερμοεκτονωτική βαλβίδα να μείνει στην κλειστή θέση και αν έκανε το ίδιο και ο συμπιεστής (οι βαλβίδες του) τότε οι πιέσεις στις δυο πλευρές θα ήταν αρχικά διαφορετικές. Όμως το πιο πιθανό είναι αργότερα, όταν επέλθει εξισορρόπηση των θερμοκρασιών στις δυο πλευρές, και οι πιέσεις να είναι ίσες. Με την προϋπόθεση ότι θα υπάρχει έστω και λίγο υγρό σε κάθε πλευρά. Αν υπάρχει ψυκτικό υγρό σε ένα κλειστό χώρο, η πίεσή του είναι εκείνη που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία βρασμού του. Αυτή και θα είναι η πίεση στις δυο πλευρές. Αν και πάντα υπάρχουν διαρροές που εξισορροπούν τις πιέσεις.

4. Τι συμβαίνει αν ο τριχοειδής σωλήνας ενός συστήματος έχει μεγαλύτερο μήκος από αυτό που πρέπει;

- A) Η πίεση κατάθλιψης θα είναι πολύ χαμηλή.
- B) Η πίεση αναρρόφησης θα είναι πολύ υψηλή.
- Γ) Το στοιχείο ατμοποίησης θα έχει μεγάλο μέρος «ξηρό».
- Δ) Θα μειωθούν και η πίεση της χαμηλής και η πίεση της υψηλής πλευράς.

Απάντηση:

Αν το μήκος του τριχοειδούς ήταν πιο μεγάλο, τότε οι τριβές σε αυτόν θα ήταν περισσότερες και η πτώση πίεσης θα ήταν μεγαλύτερη από πριν. Έτσι αφ' ενός η πίεση στην αναρρόφηση θα μειωνόταν και η πίεση στην κατάθλιψη θα μεγάλωνε. Αφού η πίεση αναρρόφησης θα μειωνόταν τότε στον εξατμιστή το υγρό θα εξατμιζόταν πιο γρήγορα και το μεγαλύτερο μήκος του ατμοποιητή θα ήταν ξηρό. Άρα δεχόμαστε την απάντηση (Γ). Άλλωστε με το σκεπτικό μας φάνηκε ότι οι άλλες τρεις περιπτώσεις αποκλείστηκαν.

5. Μικρός σύντομος κύκλος λειτουργίας σε μία ψυκτική μονάδα μπορεί να σημαίνει:

- A) Κακή ρύθμιση του θερμοστάτη.
- B) Ελαττωματικός συμπιεστής.
- Γ) Υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Δ) Εξατμιστής γεμάτος από λάδι λίπανσης.

Απάντηση:

Το πιο πιθανό είναι να έχει γίνει κακή ρύθμιση του θερμοστάτη σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία, την οποία επιτυγχάνει πολύ εύκολα η λειτουργία του συμπιεστή. Δεχόμαστε την απάντηση (Α).

Θα μπορούσε όμως να έχει πρόβλημα ο συμπιεστής, (ή να έχει φράξει για κάποιο λόγο ένας σωλήνας, ή η θερμοεκτονωτική βαλβίδα) και να υπερθερμαίνεται πολύ γρήγορα και το θερμικό να τον σταματά.

6. Η χρησιμοποίηση ψυκτικού μέσου με χαμηλή πίεση συμπύκνωσης σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος έχει το εξής πλεονέκτημα:

- A) Το σύστημα φορτώνεται με μικρότερη ποσότητα ψυκτικού μέσου.
- B) Οι διαρροές ψυκτικού ρευστού ανιχνεύονται ευκολότερα.
- Γ) Μικρότερο κόστος εξοπλισμού.
- Δ) Η υγρασία δεν μπορεί να βλάψει την εγκατάσταση.

Απάντηση:

Εάν το ψυκτικό κύκλωμα εργάζεται με χαμηλή πίεση συμπύκνωσης σημαίνει ότι ο συμπιεστής δεν χρειάζεται να ανεβάσει μεγάλη πίεση για να εξασφαλιστεί η συμπύκνωση. Άρα το κόστος του θα είναι μικρότερο. Επομένως ταιριάζει πιο πολύ η απάντηση (Γ).

7. Χαρακτηρίστε τις ακόλουθες ψυκτικές εφαρμογές ως υψηλών, μέσων ή χαμηλών θερμοκρασιών: α. οικιακός καταψύκτης β. διατήρηση χώρου ειδικών ηλεκτρονικών οργάνων στους 12 °C γ. ψυκτικός θάλαμος διατήρησης μήλων.

Απάντηση:

α) Ένας οικιακός καταψύκτης πρέπει να φτάνει μέχρι περίπου $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ για τη διατήρηση των τροφίμων. Επομένως (σύμφωνα με όσα αναγράφονται στη σελίδα 143 του σχολικού βιβλίου) χαρακτηρίζεται ως χώρος χαμηλών θερμοκρασιών.

β) Ένας χώρος ειδικών ηλεκτρονικών οργάνων με $12\text{ }^{\circ}\text{C} > 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ είναι προφανώς χώρος υψηλών θερμοκρασιών για μια ψυκτική εγκατάσταση.

γ) Για τη διατήρηση των μήλων απαιτείται χώρος θερμοκρασίας -1 έως $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Επομένως ο χώρος θα χαρακτηριζόταν ως μέσων θερμοκρασιών.

8. Η απόδοση των ατμοποιητών μετρείται σε W (ή kcal/h ή Btu/h). Πιστεύετε ότι θα μπορούσαν οι κατασκευαστές να γράφουν μία και μόνο τιμή σε W ή σε RT, που να αντιπροσωπεύει την απόδοση του ατμοποιητή;

Απάντηση:

Όπως αναφέρει και το σχολικό βιβλίο στη σελίδα 373, η απόδοση του ατμοποιητή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες συνθηκών λειτουργίας και η απόδοσή του δεν μπορεί να είναι συγκεκριμένη για όλες τις συνθήκες λειτουργίας.

Η επιλογή ενός εξαμιστή (άρα και η ικανότητά του) εξαρτάται από παράγοντες όπως το είδος της εγκατάστασης (αν δηλαδή είναι για κλιματισμό ή συντήρηση τροφίμων, κλπ) καθώς και το είδος του ψυκτικού ρευστού. Στους πίνακες επιλογής εξαμιστών οι εταιρίες αναφέρουν την ικανότητα ανάλογα με το ψυκτικό αλλά και την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της θερμοκρασίας ατμοποίησης και του χώρου. Άρα ένας ατμοποιητής μπορεί να έχει διαφορετικές αποδόσεις ανάλογα με αυτούς τους παράγοντες.

9. Συγκρίνετε τον ειδικό όγκο κορεσμένου ατμού $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, για τα ψυκτικά ρευστά R12, R22, R134a. Ο μικρός ειδικός όγκος είναι πλεονέκτημα ή μειονέκτημα για ένα ψυκτικό μέσον;

Απάντηση:

Στον επόμενο πίνακα δίνουμε τις τιμές του ειδικού όγκου σε m^3/kg του κορεσμένου ατμού στους $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, όπως τις πήραμε από τους πίνακες των σελίδων 377 ως 380 του σχολικού βιβλίου.

Ειδικός όγκος κορεσμένου ατμού σε θερμοκρασία $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (m^3/kg)		
R12	R22	R134a
0,064963	0,0553	0,0828

Βλέπουμε από τον μικρό πίνακα ότι το ψυκτικό R22 έχει τον μικρότερο ειδικό όγκο από τα τρία ψυκτικά ενώ το R134a έχει τον μεγαλύτερο.

Ο μικρός ειδικός όγκος είναι πλεονέκτημα για ένα ψυκτικό (σελίδα 179 του σχολικού βιβλίου) γιατί σε μικρό όγκο υπάρχει μεγάλη μάζα από αυτό και έτσι δεν απαιτείται ο συμπιεστής να έχει μεγάλο όγκο κυλίνδρων ή γενικότερα ογκομετρικό μέγεθος.

10. Γιατί οι μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης είναι επιθυμητό χαρακτηριστικό για ένα ψυκτικό και πώς επιδρά στην ψυκτική εγκατάσταση;

Απάντηση:

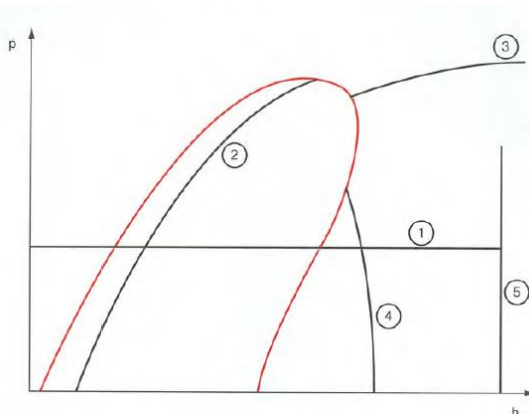
Μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης σημαίνει ότι όταν ατμοποιηθεί ένα κιλό από το ψυκτικό θα απορροφήσει περισσότερη θερμότητα από το χώρο ψύξης, απ' ό,τι ένα ψυκτικό με μικρή θερμότητα ατμοποίησης. Επομένως για το ίδιο ψυκτικό αποτέλεσμα θα απαιτείται μικρότερη ποσότητα από το ψυκτικό. Επομένως θα έχουμε μικρότερες σωληνώσεις και εξαρτήματα καθώς και μικρότερο όγκο συμπιεστή, ακόμα και σε ισχύ. Η ψυκτική εγκατάσταση θα είναι μικρότερη και αποδοτικότερη.

11. Γιατί είναι μειονέκτημα για ένα ψυκτικό να είναι εντελώς άοσμο;

Απάντηση:

Αν είναι εντελώς άοσμο, σε περίπτωση διαρροής του δεν θα το καταλάβουμε εύκολα, ώστε να επέμβουμε και να διορθώσουμε τη βλάβη έγκαιρα.

12. Στο παρακάτω διάγραμμα p-h (πίεσης ενθαλπίας) εξηγήστε τι παριστάνει κάθε μία από τις γραμμές 1, 2, 3, 4 και 5.



Απάντηση:

Από τη θεωρία μπορούμε εύκολα να βρούμε την απάντηση. Αν έχουμε μια μεταβολή και ακολουθεί μια από αυτές τις γραμμές, σημαίνει ότι στη μεταβολή το μέγεθος που αντιπροσωπεύεται από τη γραμμή θα είναι σταθερό.

1. Παριστάνει τη γραμμή σταθερής πίεσης αφού είναι οριζόντια και ο κατακόρυφος άξονας είναι ο άξονας των πιέσεων.
 2. Η καμπύλη παριστάνει τις γραμμές σταθερού βαθμού ξηρότητας. Δηλαδή τα σημεία που βρίσκονται πάνω σε αυτήν έχουν το ίδιο ποσοστό ατμού που έχει ήδη δημιουργηθεί από την ατμοποίηση του ψυκτικού. Δείχνουν το ποσοστό ψυκτικού που έχει εξατμιστεί, από την κατάσταση κορεσμένου υγρού.
 3. Δείχνουν τις γραμμές σταθερού ειδικού όγκου. Αν ένα σημείο βρίσκεται σε μια τέτοια γραμμή, η τιμή που αντιπροσωπεύει η γραμμή, δείχνει τον ειδικό όγκο του αερίου.
 4. Είναι γραμμή σταθερής θερμοκρασίας. Αν μια μεταβολή είναι πάνω σε αυτή την καμπύλη θα είναι ισοθερμοκρασιακή και με θερμοκρασία εκείνη που αντιπροσωπεύεται από τη συγκεκριμένη καμπύλη σύμφωνα με το διάγραμμα που έχουμε.
 5. Οι κατακόρυφες γραμμές στο διάγραμμα είναι γραμμές σταθερής ειδικής ενθαλπίας. Αυτό σημαίνει πως ένα σημείο πάνω σε μια τέτοια γραμμή θα έχει την ειδική ενθαλπία της συγκεκριμένης γραμμής.
13. Το ψυκτικό μέσο R134a ατμοποιείται υπό πίεση 1 atm στους $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$. Είναι δυνατό να χρησιμοποιήσουμε το παραπάνω ψυκτικό μέσο σε μία εγκατάσταση όπου επιθυμούμε διατήρηση προϊόντων στους $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Απάντηση:

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψύξη και σε θερμοκρασίες κάτω από τους $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$, όμως θα πρέπει ο ατμοποιητής να εργάζεται σε πίεση κάτω από την ατμοσφαιρική. Συγκεκριμένα στους $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ βρίσκουμε από τους πίνακες στη σελίδα 378 του σχολικού βιβλίου, ότι η ατμοποίηση θα γίνει σε πίεση $84,29\text{ kPa} = 0,826\text{ atm}$. Αυτό όμως δημιουργεί τον κίνδυνο αν υπάρξει μια μικρή οπή στο κύκλωμα να μπει αέρας από το περιβάλλον και να έχουμε προβλήματα με την υγρασία αλλά και μείωση ης απόδοσης λόγω της εισόδου του αέρα. Γενικά αποφεύγουμε πιέσεις στον εξατμιστή μικρότερες από την ατμοσφαιρική. Φυσικά θα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι στο χώρο του ατμοποιητή η θερμοκρασία είναι περίπου 4-5 βαθμούς Κελσίου μεγαλύτερη από την θερμοκρασία ατμοποίησης του ψυκτικού.

14. Με ποιους τρόπους μπορεί να εισδύσει υγρασία σε ένα ψυκτικό κύκλωμα;

Απάντηση:

Στο παράρτημα 1 δίνεται διεξοδικά η απάντηση στο ερώτημα αυτό. Επαναλαμβάνουμε εδώ αυτούς τους τρόπους εισόδου της υγρασίας με κάποιες διευκρινήσεις.

- Εισαγωγή υγρασίας κατά την κατασκευή της εγκατάστασης. Πολλές φορές εγκλωβίζεται υγρασία σε γωνιές της εγκατάστασης και δεν βγαίνει με την δημιουργία του κενού. Γι αυτό καλό είναι να πρεσάρουμε ένα αδρανές αέριο, μερικές φορές

διαδοχικά, ώστε να εξασφαλίζουμε ότι έχει φύγει και η παραμικρή υγρασία. Συνήθως χρησιμοποιείται το άζωτο.

- Όταν δεν έχουμε διώξει επιμελώς την υγρασία από όλες τις συσκευές που βάζουμε στην εγκατάσταση μπορεί να μείνουν σταγονίδια σε κάποια από αυτές. Γι αυτό θα πρέπει να κάνουμε για αρκετά λεπτά το κενό που κάνουμε στον τελικό έλεγχο της εγκατάστασης.
- Αν αντιδράσει το λιπαντικό με το ψυκτικό ή γίνει διάσπαση του ενός από αυτά, μπορεί να παραχθεί ατμός νερού και να δημιουργήσει υγρασία.
- Το ηλεκτρικό μέρος του συμπιεστή βρίσκεται μέσα στο χώρο κυκλοφορίας του ψυκτικού. Άρα αν γίνει διάσπαση του μονωτικού του πηνίου του κινητήρα μπορεί να δημιουργηθεί υγρασία.
- Μπορεί να έχει υγρασία το ίδιο το ψυκτικό ή το λάδι που θα βάλουμε προς χρήση στο κύκλωμα.

15. Ποια προβλήματα μπορούν να δημιουργηθούν από την παρουσία υγρασίας σε ένα ψυκτικό κύκλωμα;

Απάντηση:

Στη σελίδα 193 δίνει το σχολικό βιβλίο την απάντηση στο ερώτημα αυτό. Τα προβλήματα που περιγράφονται είναι τέσσερα:

1. Δημιουργία πάγου στο εκτονωτικό μέσο. Σε αυτή την περίπτωση το ψυκτικό δεν περνά ελεύθερα ή και καθόλου από τη βαλβίδα ή τον τριχοειδή. Έτσι αυξάνεται η πίεση στον συμπυκνωτή και σταματά τη λειτουργία του ο συμπιεστής, αφού κόβει από θερμικό ή πρεσοστάτη υψηλής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην εργάζεται φυσιολογικά η εγκατάσταση.
2. Η υγρασία μπορεί να προκαλέσει διάσπαση του ψυκτικού (λόγω υπερβολικής θερμοκρασίας) και δημιουργία διαφόρων οξέων που προκαλούν προβλήματα στην εγκατάσταση.
3. Η υγρασία ενίοτε διαβρώνει ή σκουριάζει τα μέταλλα της εγκατάστασης με πιθανή τη δημιουργία οπών σε αυτά.
4. Η υγρασία μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του λαδιού που δε θα μπορεί πλέον να ψύχει τον κινητήρα με αποτέλεσμα να καταστραφεί.

Κεφάλαιο 9**9.1. Ερωτήσεις - Ασκήσεις**

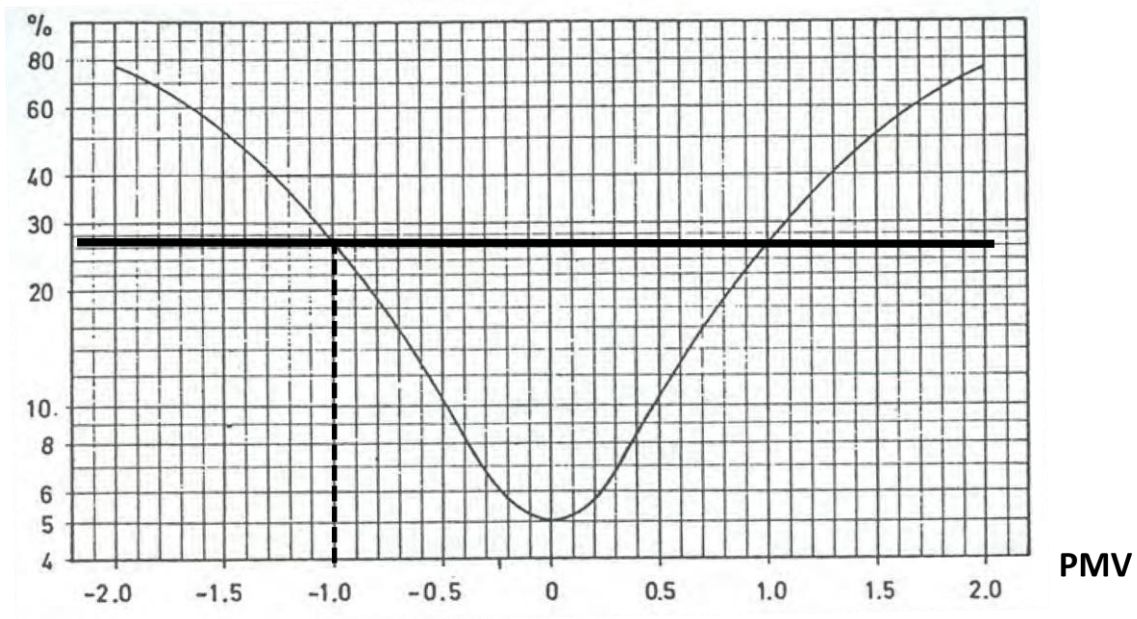
1. Ποιες είναι οι Φυσικές παράμετροι που καθορίζουν τις συνθήκες άνεσης ενός ανθρώπου; 238
2. Ποιες είναι οι Εξωτερικές παράμετροι που καθορίζουν τις συνθήκες άνεσης ενός ανθρώπου; 238
3. Ποιες είναι οι Βιολογικές παράμετροι που καθορίζουν τις συνθήκες άνεσης ενός ανθρώπου; 238
4. Ποιες είναι οι τρεις παράμετροι που καθορίζουν τις συνθήκες άνεσης ενός ατόμου (ονομαστικά); 238
5. Ποιες είναι οι πέντε πιο σημαντικές παράμετροι που καθορίζουν τις συνθήκες άνεσης; 239
6. Ποιες είναι εκείνες οι φυσικές παράμετροι που μπορεί να διαμορφώσει και να ελέγξει ένα ολοκληρωμένο σύστημα κλιματισμού; 240
7. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:
 1. Ο κλιματισμός αφορά τη διατήρηση των συνθηκών άνεσης σε ένα χώρο μόνο στην εποχή του καλοκαιριού. 240
 2. Σύμφωνα με τους δείκτες PPD και PMV, το 95% των ατόμων σε ένα χώρο που επικρατούν οι συνθήκες άνεσης, θα έχουν την αίσθηση της άνεσης. 238
 3. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία ενός συστήματος κλιματισμού είναι ανεξάρτητο από τις κλιματικές συνθήκες του τόπου που εγκαθίσταται. 240
 4. Οι συνθήκες άνεσης σε ένα χώρο εξαρτώνται από το ρουχισμό και τη δραστηριότητα των ατόμων σε αυτόν. 241
 5. Η σχετική υγρασία μιας κλιματιζόμενης κατοικίας τον χειμώνα είναι μεταξύ 60% και 80%. 245
8. Γιατί οι συνθήκες άνεσης το καλοκαίρι επιτυγχάνονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες από εκείνες για τον χειμώνα; 246
9. Η σχετική υγρασία τον χειμώνα πρέπει να είναι διαφορετική από εκείνη του καλοκαιριού, και αν ναι, γιατί; 246
10. Ποιες είναι οι συνιστώμενες ταχύτητες αέρα κλιματισμού για το καλοκαίρι και ποιες για το χειμώνα; 246
11. Γιατί η μέση θερμοκρασία των εσωτερικών επιφανειών πρέπει να πλησιάζει όσο το δυνατόν τη θερμοκρασία του αέρα του χώρου; 246
12. Σε ένα χώρο υπάρχουν αρκετοί άνθρωποι που έχουν την ίδια δραστηριότητα και φορούν τα ίδια ρούχα πάνω κάτω. Όταν η θερμοκρασία του χώρου είναι 26 °C τότε το 95% των ανθρώπων δηλώνει ότι νιώθει ότι η θερμοκρασία είναι τέλεια. Όμως για κάποιο λόγο η θερμοκρασία μειώνεται κατά 1 °C. Χρησιμοποιώντας το διάγραμμα 9.1 της σελίδας 240, να υπολογίσετε πόσο ποσοστό των ατόμων του χώρου θα νιώθει δυσαρέσκεια για τη θερμοκρασία.

Απάντηση:

Αφού η θερμοκρασία μειώνεται κατά ένα βαθμό Κελσίου, στο δείκτη άνεσης PMV κάποιοι άνθρωποι θα νιώθουν δροσιά. Για να βρούμε στατιστικά πόσοι θα είναι αυτοί, θα δούμε στην καμπύλη των δεικτών άνεσης, σε τι ποσοστό αντιστοιχεί αυτή η μείωση θερμοκρασίας.

Στο διάγραμμα που φαίνεται παρακάτω φέραμε την κατακόρυφη ευθεία από το -1 του οριζόντιου άξονα μέχρι να τμήσει την καμπύλη. Στο σημείο αυτό φέρνουμε την οριζόντια και βλέπουμε ότι στον αριστερό άξονα δείχνει το νούμερο 28,5%. Αυτό είναι και το ποσοστό των ανθρώπων που θα νιώθουν δροσιά στο χώρο, δηλαδή όχι και τόσο άνετα.

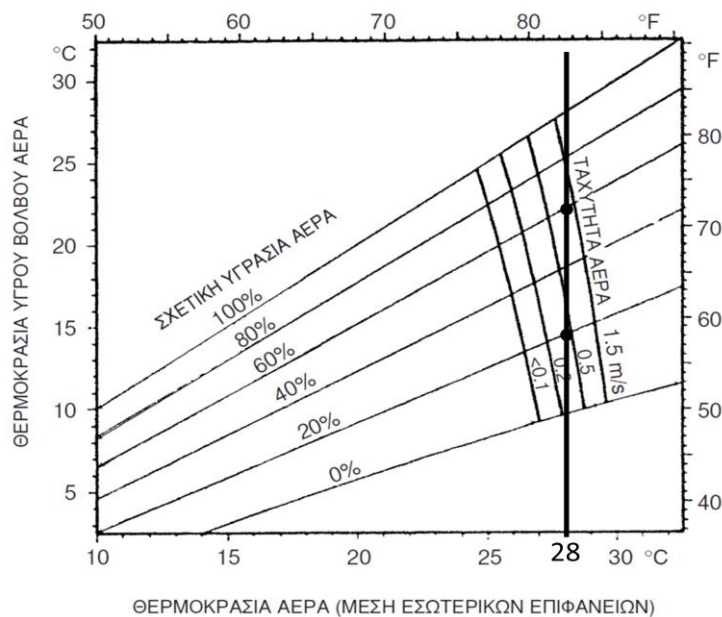
PPD



13. Σε ένα χώρο η θερμοκρασία του αέρα είναι 28 °C. Να βρείτε την ταχύτητα την οποία δεν πρέπει να ξεπερνά ο αέρας στο χώρο (από το διάγραμμα 9.2 της σελίδας 242 του σχολικού βιβλίου) ώστε να νιώθει άνετα ένα άτομο όταν α) η σχετική υγρασία είναι 20% και β) όταν είναι 60%. Μπορείτε να εξηγήσετε το αποτέλεσμα;

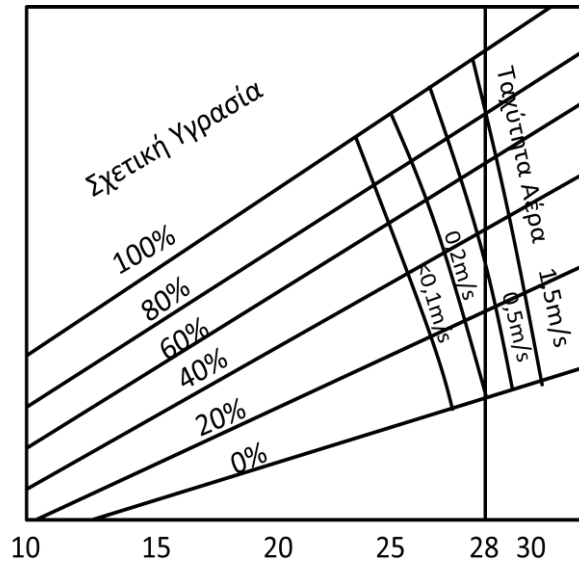
Απάντηση:

Στο διάγραμμα που αναφέρει η εκφώνηση φέρνω μια κατακόρυφη γραμμή στους 28 °C και σημειώνω τα σημεία τομής της με τις γραμμές σχετικής υγρασίας 20% και 60%. Βλέπουμε ότι όταν η σχετική υγρασία είναι 20% ο αέρας δεν πρέπει να έχει ταχύτητα μεγαλύτερη από 0,5 m/s και πάντως να είναι μεγαλύτερη από 0,2 m/s. Αντιστοίχως, για σχετική υγρασία 60% η ταχύτητα πρέπει να είναι μεταξύ 0,5 m/s και 1,5 m/s.



Σε πανελλαδικές εξετάσεις δεν συνηθίζεται να απαιτούν να φέρουν οι υποψήφιοι ευθείες, και μάλιστα με ακρίβεια, όπως εδώ. Έτσι σε μια τέτοια άσκηση θα σας έδιναν το διάγραμμα με την ευθεία των 28 °C και θα έπρεπε εσείς να βρείτε τα σημεία τομής, που εδώ έχουμε βάλει με

τις έντονες βούλες για να εκτιμήσετε τις ταχύτητες του αέρα. Ή μπορεί να σας έδιναν ένα σχήμα όπως το επόμενο:

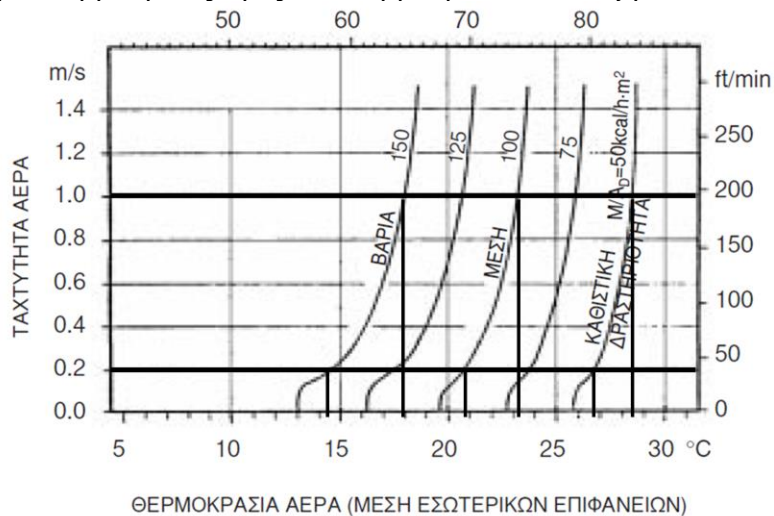


Να εξηγήσουμε τώρα γιατί όταν η σχετική υγρασία είναι πιο μεγάλη τότε προτιμούμε να έχουμε ένα πιο δυνατό ρεύμα αέρα. Αυτό είναι θέμα του ανθρώπινου οργανισμού. Όταν δεν υπάρχει στο χώρο μεγάλη υγρασία, τότε ο ιδρώτας μας εξατμίζεται εύκολα και αυτό μας δίνει την αίσθηση της δροσιάς και το ρεύμα αέρα δεν είναι απαραίτητο. Όταν όμως έχει μεγάλη υγρασία τότε όταν ιδρώνουμε δεν είναι εύκολο να εξατμιστεί ο ιδρώτας μας και το ρεύμα του αέρα θα βοηθήσει σε αυτό. Δείτε επίσης ότι όταν η θερμοκρασία είναι μέχρι 25 °C (είτε χειμώνα είτε καλοκαίρι) ο οργανισμός μας δεν νιώθει άνετα με κανένα ρεύμα αέρα.

14. Με χρήση του Διαγράμματος 9.3 της σελίδας 243 του βιβλίου, να αναφέρετε τις θερμοκρασίες εκείνες στις οποίες νιώθει άνετα ένα άτομο σε ένα χώρο, όταν η δραστηριότητά του είναι καθιστική, μέση ή βαριά. Ο υπολογισμός να γίνει σε δυο περιπτώσεις: α) όταν ο αέρας στο χώρο έχει ταχύτητα 0,2 m/s και β) όταν έχει ταχύτητα 1 m/s. Μπορείτε να δώσετε μια ερμηνεία;

Απάντηση:

Στο επόμενο σχήμα έχουμε μεταφέρει το διάγραμμα του βιβλίου, έχοντας τραβήξει τις απαραίτητες ευθείες για να βρούμε τις τιμές των θερμοκρασιών που ζητούνται.



Αρχικά φέραμε τις δύο οριζόντιες ευθείες από τις ταχύτητες 0,2 m/s και 1 m/s. Κάθε μια από αυτές τέμνει σε ένα σημείο την καμπύλη για τις δεδομένες δραστηριότητες: ΒΑΡΙΑ, ΜΕΣΗ και ΚΑΘΙΣΤΙΚΗ. Από αυτά τα έξι σημεία τομής, φέραμε τις κάθετες στον οριζόντιο άξονα και

σημειώσαμε τις θερμοκρασίες στις οποίες τέμνουν τον άξονα αυτόν. Με τις τιμές αυτές μπορούμε να κατασκευάσουμε τον επόμενο πίνακα όπου φαίνονται τα αποτελέσματα.

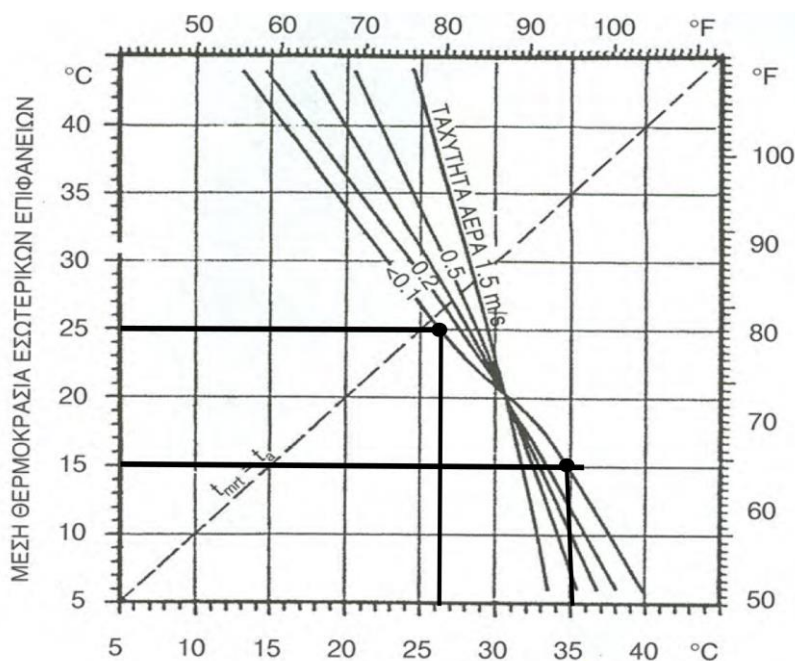
ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ		
	ΒΑΡΙΑ	ΜΕΣΗ	ΚΑΘΙΣΤΙΚΗ
0,2 m/s	14,3	20,8	26,8
1 m/s	18	23,2	28,4

Παρατηρούμε ότι όσο μεγαλύτερη η ταχύτητα του αέρα για την ίδια δραστηριότητα, τόσο ο άνθρωπος απαιτεί και μεγαλύτερη θερμοκρασία. Αυτό εξηγείται από το ότι όταν έρχεται πάνω μας ένα ρεύμα αέρα, όσο πιο δυνατό είναι, τόσο πιο ενοχλητικό θα είναι. Άρα θα χρειαζόμαστε και μεγαλύτερη θερμοκρασία για να νιώθουμε άνετα. Για παράδειγμα: είναι καλοκαίρι και καθόμαστε, ενώ το ρεύμα του αέρα είναι δυνατό, ας πούμε 1 m/s και νιώθουμε καλά με θερμοκρασία 28,4 °C. Αν σταματήσει να φυσά ο αέρας θα αρχίσουμε να ζεσταινόμαστε. Για να νιώθουμε άνετα θα θέλαμε να έχουμε πιο πολύ δροσιά, δηλαδή να μειωθεί η θερμοκρασία, στους 26,8 °C, ας πούμε. Αυτά φαίνονται από τον προηγούμενο πίνακα.

Η άλλη παρατήρηση που κάνουμε είναι ότι, όσο πιο βαριά εργασία κάνουμε τόσο χαμηλότερη θερμοκρασία μας είναι αρεστή. Και μάλιστα οι διαφορές είναι μεγάλες: αν, ας πούμε, γυμναζόμαστε (με ρεύμα αέρα 1 m/s) νιώθουμε καλά με θερμοκρασία 18 °C, αλλά ένας φίλος μας που μας παρακολουθεί στον ίδιο χώρο, θα νιώθει άνετα με θερμοκρασία 10 °C παραπάνω (με 28,4 °C αντί για 18 °C, για την ακρίβεια).

15. Ας υποθέσουμε ότι υπάρχει ένα δωμάτιο όπου δεν υπάρχει κανένα ρεύμα αέρα και οι τοίχοι και τα αντικείμενα έχουν θερμοκρασία 15 °C (αυτή είναι η θερμοκρασία των εσωτερικών επιφανειών του χώρου) και εσείς φοράτε ελαφρύ ρουχισμό. Από το διάγραμμα 9.4 της σελίδας 244 να βρείτε τη θερμοκρασία που θα νιώθατε άνετα εκεί. Πάτε μια άλλη μέρα (πάλι με ελαφρύ ρουχισμό και χωρίς ρεύμα αέρα στο χώρο) και διαπιστώνετε ότι τώρα οι τοίχοι και τα αντικείμενα έχουν θερμοκρασία 25 °C. Με ποια θερμοκρασία θα νιώθατε τώρα καλά;

Απάντηση:



Έχουμε μεταφέρει το διάγραμμα 9.4 εδώ και έχουμε φέρει οριζόντιες γραμμές στις θερμοκρασίες εσωτερικών επιφανειών 15 °C και 25 °C που δίνει η άσκηση, μέχρι που έχουν συναντήσει την γραμμή με την ένδειξη <math><0,1 \text{ m/s}</math>. Από τα σημεία συνάντησης τραβήξαμε

κατακόρυφες προς τον οριζόντιο άξονα και βρίσκουμε τις θερμοκρασίες που θα ήταν άνετες για τις δεδομένες συνθήκες.

Στην περίπτωση των 15 °C η θερμοκρασία άνεσης είναι 35 °C, ενώ στους 25 °C είναι 26,2 °C. Αυτό είναι λογικό: όταν είμαστε ελαφρά ντυμένοι και η ιδανική θερμοκρασία για μας είναι περίπου 26 °C, αν οι εσωτερικοί χώροι είναι παγωμένοι, θέλουμε παραπάνω από τους 26 °C για να ζεσταθούμε. Όπως τα αντικείμενα με υψηλές θερμοκρασίες ακτινοβολούν και μας ζεσταίνουν, έτσι και τα ψυχρά ακτινοβολούν λιγότερο, και έχουμε πιο πολλή ανάγκη τη θερμότητα. Άρα θέλουμε υψηλότερη θερμοκρασία αέρα.

Βλέπουμε ότι στη δεύτερη περίπτωση που η θερμοκρασία πλησιάζει εκείνη που θα νιώθαμε άνετα, αφού είναι 25 °C, με τους 26,2 °C είμαστε άνετοι. Έχουμε δηλαδή μια μικρή διαφορά, ενώ στην πρώτη περίπτωση η διαφορά ήταν μεγάλη.

Να προσέξουμε ότι το διάγραμμα έχει την διακεκομμένη διαγώνιο, η οποία καθορίζει το εξής: αν μια κατάσταση αντιπροσωπεύεται από ένα σημείο το οποίο βρίσκεται πάνω από τη διαγώνιο, τότε η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων θα είναι πιο μεγάλη από τη θερμοκρασία του αέρα του χώρου, και τότε θα νιώθουμε πιο κρύα την ατμόσφαιρα. Για να νιώθουμε άνετα θα θέλαμε δηλαδή πιο μεγάλη θερμοκρασία από εκείνη που θα θέλαμε αν ο χώρος και οι επιφάνειες του χώρου είχαν την ίδια θερμοκρασία. Αν όμως το σημείο βρίσκεται κάτω από τη διαγώνιο, θα νιώθουμε πιο ζεστά απ' ό,τι είναι στην πραγματικότητα και εκεί θα νιώθαμε άνετα αν είχαμε χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα.

Κεφάλαιο 9

9.2. Ερωτήσεις - Δραστηριότητες σχολικού βιβλίου

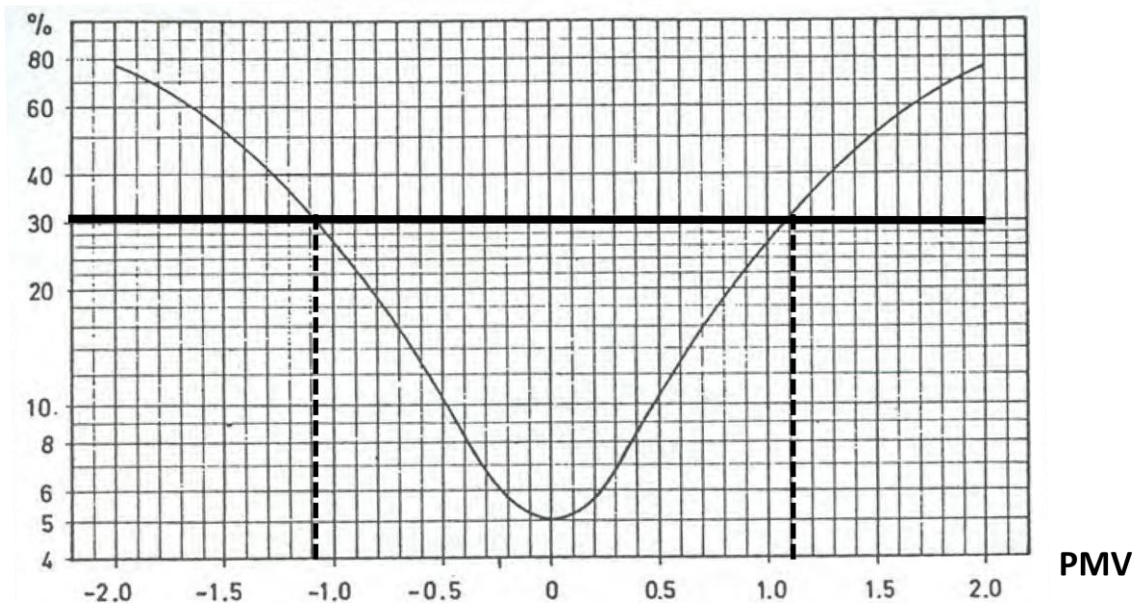
1. Σε ένα εσωτερικό χώρο τον Ιούλιο, τα τρία από τα δέκα άτομα που βρίσκονται εκεί καθισμένα παραπονούνται ότι ζεσταίνονται. Τι μπορούμε να συμπεράνουμε για τις μέσες συνθήκες άνεσης

Απάντηση:

Οι συνθήκες άνεσης είναι ένα υποκειμενικό μέγεθος. Όμως, αυτό δε σημαίνει ότι στον ίδιο χώρο κάποιος θα νιώθει κρύο και ένας άλλος θα νιώθει ζέστη, ενώ φορούν το ίδιο βαρύ (ή ελαφρύ) ρουχισμό. Από μελέτες που έχουν γίνει έχει κατασκευαστεί το διάγραμμα της σελίδας 240 του σχολικού βιβλίου. Σε αυτό έχουμε στον οριζόντιο άξονα τις τιμές του δείκτη άνεσης PMV (Predicted Mean Vote) και στον κατακόρυφο τον δείκτη δυσαρέσκειας PPD (Predicted Percent of Dissatisfied People). Ο πρώτος δείκτης PMV δείχνει την μέση προβλεπόμενη απάντηση ενός ανθρώπου για το αν κάνει: κρύο, δροσιά, λίγη δροσιά, τελείως άνεση, λίγη ζέστη, ζέστη ή πολύ ζέστη (πίνακας 9.1, σελίδα 239). Ο άλλος δείκτης PPD μας δείχνει το ποσοστό των ανθρώπων που νιώθει ότι δεν είναι οι ιδανικές συνθήκες όταν η θερμοκρασία διαφέρει από την ιδανική, για το 95% των ανθρώπων.

Στην ερώτηση της άσκησης μας λέει ότι 3 στους 10 άνθρωποι παραπονιούνται ότι κάνουν ζέστη. Άρα έχουμε δυσαρέσκεια στο 30% των ανθρώπων. Επομένως ο δείκτης PPD ισούται με 30%. Παίρνουμε το διάγραμμα των δύο δεικτών από τη σελίδα 240 και τοποθετούμε τη γραμμή PPD=30%. Αυτή τέμνει την καμπύλη σε δυο σημεία. Επειδή έχουν παράπονο για ζέστη (και όχι για δροσιά) σημαίνει ότι η θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την θερμοκρασία άνεσης. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η θερμοκρασία είναι κατά 1,1 °C υψηλότερη. Αν ένωσαν δροσιά θα ήταν κατά 1,1 °C χαμηλότερη (το αριστερό σημείο τομής στην καμπύλη).

PPD



Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι οι μέσες συνθήκες άνεσης είναι λίγο χαμηλότερης θερμοκρασίας από την υπάρχουσα στο χώρο. Στην περίπτωση της άσκησης θα μπορούσαμε να πούμε ότι ίσως δεν φταίει η λίγο ψηλότερη θερμοκρασία, αλλά 2-3 άτομα ίσως φορούν περισσότερα ρούχα από όσα πρέπει για την εποχή. Δεν μπορούμε να πούμε ότι έχουν μεγαλύτερη δραστηριότητα αφού η άσκηση δίνει ότι όλοι κάθονται.

2. Ποιες παραμέτρους θερμικής άνεσης μπορεί να ρυθμίσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα κλιματισμού;

Απάντηση:

Στην αρχή της σελίδας 239 του σχολικού βιβλίου αναφέρεται σαφώς ότι οι πιο σημαντικές παράμετροι θερμικής άνεσης είναι οι: θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα του αέρα, ρουχισμός

και είδος δραστηριότητας. Από αυτές μόνο τις τρεις πρώτες (θερμοκρασία, υγρασία και ταχύτητα του αέρα) μπορεί να ρυθμίσει ένα σύστημα κλιματισμού.

3. Με τι σχετίζεται και τι λαμβάνει υπόψη η επιλογή ενός συστήματος κλιματισμού;

Απάντηση:

Ένα σύστημα κλιματισμού μπορεί να ρυθμίσει τους εξής παράγοντες: θερμοκρασία, υγρασία και ταχύτητα του αέρα. Επομένως κατ' αρχάς θα πρέπει να μπορεί να επιτύχει τις τιμές γι αυτές τις παραμέτρους.

Θα πρέπει αν λάβουμε υπ' όψη τις ιδιαιτερότητες κάθε εφαρμογής να μπορεί να αντεπεξέλθει. Πρέπει δηλαδή να εξασφαλίσει την σωστή λειτουργία του ανάλογα με τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες του κτηρίου, όπως για παράδειγμα η διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων και ο μηχανολογικός και ηλεκτρικός εξοπλισμός που υπάρχει. Θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη το πλήθος, η δραστηριότητα και ο ρουχισμός των ανθρώπων.

Θα πρέπει επίσης να μπορεί να εργαστεί και να ικανοποιήσει τους ανθρώπους στις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες του τόπου που θα εγκατασταθεί.

Τέλος, αλλά το σημαντικότερο απ' όλα, πρέπει να υπολογιστεί και ληφθεί υπ' όψη το κόστος (κατασκευαστικό και το λειτουργικό) της εγκατάστασης.

4. Φαντάσου τον εαυτό σου, μήνα Ιούλιο σε ένα κλειστό κλιματιζόμενο δωμάτιο γραφείου με 18 °C θερμοκρασία αέρα και έστω ότι δεν μπορείς να ρυθμίσεις προς τα πάνω τη θερμοκρασία του αέρα που κλιματίζεται (ψύχεται). Είσαι ελαφρά ντυμένος και περιμένεις εκεί ένα φίλο σου. Δίπλα σου υπάρχουν καπνιστές. Τι μπορείς να κάνεις για να νιώσεις πιο άνετα και υγιεινά χωρίς να εγκαταλείψεις το δωμάτιο και γιατί;

Απάντηση:

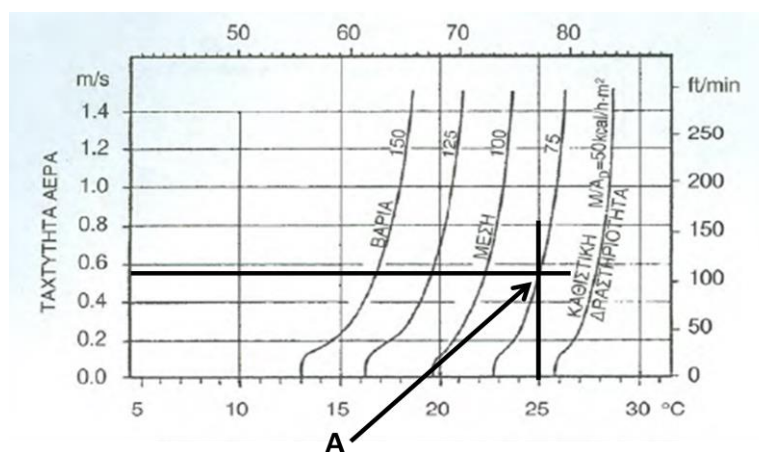
Για να πούμε την αλήθεια, θέλει λίγη φαντασία η λύση αυτού του προβλήματος. Κυρίως επειδή δε μας δίνονται αρκετές πληροφορίες. Όμως μπορούμε να σκεφτούμε τα εξής:

1. Ανοίγουμε μια εξωτερική πόρτα και καθόμαστε κοντά της. Έτσι νιώθουμε λίγο από τη ζέστη του εξωτερικού περιβάλλοντος και δεν εισπνέουμε και τους καπνούς.
2. Αν υπάρχει η δυνατότητα εξαερισμού, τον ανοίγουμε στην πιο μεγάλη του ένταση. Έτσι εισέρχεται στο χώρο εξωτερικός ζεστός αέρας και ταυτόχρονα φεύγουν και οι καπνοί.
3. Αν δεν μπορούμε να κάνουμε τίποτα από τα δυο προηγούμενα δε μας μένει παρά να αρχίσουμε την γυμναστική, οπότε η θερμοκρασία άνεσης μειώνεται. Όμως δεν πρέπει να την σταματήσουμε μέχρι να βγούμε από το χώρο, γιατί θα παγώσουμε. Αυτός ο τρόπος βέβαια θα μας κάνει να εισπνέουμε περισσότερο καπνό και είναι πολύ άσχημο.

5. Να εκτιμήσεις την ταχύτητα του ρεύματος αέρα για να νιώθεις άνετα σε ένα κλειστό χώρο με θερμοκρασία 25 °C, όταν είσαι ελαφρά ντυμένος και δουλεύεις καθιστός στο εργαστήριό σου (δραστηριότητα που ισοδυναμεί με αριθμό μεταβολισμού M περίπου ίσο με $75 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2 = 87,2 \text{ W/m}^2$ επιφάνεια σώματος).

Απάντηση:

Το διάγραμμα στη σελίδα 243 μας βοηθά να απαντήσουμε στο ερώτημα της άσκησης. Το διάγραμμα αυτό μας δείχνει τις ιδανική ταχύτητα του αέρα σε ένα χώρο σε σχέση με θερμοκρασία του αέρα του χώρου αυτού για ένα άτομο που έχει ελαφρύ ρουχισμό. Αφορά στην περίπτωση που οι εσωτερικές επιφάνειες του χώρου έχουν την ίδια θεοκρασία με τον αέρα. Και επειδή η ταχύτητα του αέρα έχει σχέση με τη δραστηριότητα του ατόμου στο χώρο, έχει πέντε διαφορετικές καμπύλες ανάλογα με το αν η δραστηριότητα είναι καθιστική, μέση ή βαριά. Το πόσο έντονη είναι η δραστηριότητα καθορίζεται από τον μεταβολισμό του ατόμου λόγω αυτής της δραστηριότητας.



Η άσκηση μας δίνει ότι το άτομο είναι ελαφρά ντυμένο και η θερμοκρασία του χώρου είναι 25 °C. Επίσης μας δίνει ότι ο μεταβολισμός του είναι στα 75 kcal/h·m². Επομένως για να βρούμε την ταχύτητα εντοπίζουμε το σημείο τομής των 25 °C με την καμπύλη των 75 kcal/h·m². Στο σχήμα που έχουμε παραθέσει είναι το σημείο A. Από το A αν φέρουμε οριζόντια ευθεία, θα τμήσει τον κατακόρυφο άξονα στην τιμή για την ταχύτητα αέρα περίπου 0,56m/s. Αυτή είναι και η ζητούμενη ταχύτητα.

Οι επόμενες δυο ασκήσεις είναι εκτός της εξεταστέας ύλης.

Κεφάλαιο 10**10.1. Ερωτήσεις - Ασκήσεις**

1. Πως εξαρτάται η υγρασία που μπορεί να συγκρατήσει ο αέρας από την πίεσή του και τη θερμοκρασία του; 276
2. Πως μετράμε τη θερμοκρασία υγρού βολβού; 276
3. Τι ονομάζεται σημείο δρόσου του αέρα; 278
4. Τι ονομάζεται λόγος υγρασίας; 278
5. Τι ονομάζεται ειδική υγρασία; 278
6. Τι ονομάζεται λόγος υγρασίας κορεσμού; 278
7. Τι ονομάζεται βαθμός κορεσμού; 278
8. Τι ονομάζεται σχετική υγρασία; 278
9. Ποια στοιχεία του αέρα προσδιορίζονται αν γνωρίζουμε τις θερμοκρασίες ξηρού και υγρού βολβού; 280
10. Πως νοείται η αισθητή θερμότητα στον αέρα; 280
11. Πως νοείται η λανθάνουσα θερμότητα στον αέρα; 280
12. Τι ονομάζεται ειδικός όγκος του αέρα και με ποιες μονάδες μετράται; 281
13. Τι είναι στον κλιματισμό τα κιβώτια μίξης αέρα; 281
14. Ο ψυχομετρικός χάρτης έχει 7 διαφορετικές ομάδες γραμμών. Να αναφέρετε ποιο μέγεθος μετράμε με κάθε μία από αυτές τις ομάδες; 282
15. Να αντιστοιχίσετε κάθε μέγεθος με τη σωστή θέση των γραμμών που το εκπροσωπούν στον ψυχομετρικό χάρτη:

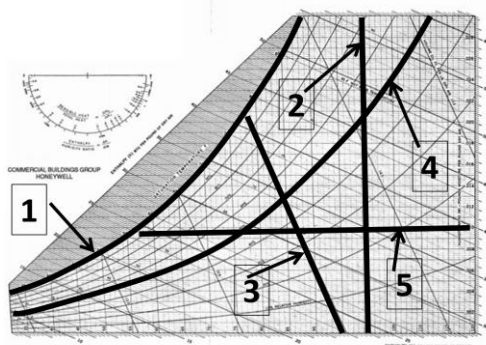
θερμοκρασία ξηρού βολβού	1	α	καμπύλες
θερμοκρασία υγρού βολβού	2	β	κατακόρυφες ευθείες
γραμμές λόγου υγρασίας	3	γ	οριζόντιες ευθείες
σχετική υγρασία	4	δ	πλάγιες ευθείες

Απάντηση:

1-β, 2-δ, 3-γ και 4-α.

16. Ερωτήσεις Σωστού-Λάθους:

1. Οι ψυχομετρικοί χάρτες παρέχουν πληροφορίες για τον αέρα σε διάφορα ψόμμετρα. Δηλαδή υπάρχουν ποικίλοι χάρτες που χρησιμοποιούνται για διαφορετικά ψόμμετρα. 286
2. Η γραμμή μιας θερμοκρασίας ξηρού βολβού και η γραμμή της ίδιας θερμοκρασίας υγρού βολβού τέμνονται στην καμπύλη κορεσμού.
3. Αισθητή θερμότητα είναι η θερμότητα που χρειάζεται για τη μεταβολή μιας ποσότητας του νερού σε υδρατμό. 280
4. Σχετική υγρασία ονομάζεται το πηλίκο της μάζας του υδρατμού προς την ποσότητα του ξηρού αέρα. 278
5. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα υδρατμών που περιέχονται στον αέρα τόσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία υγροποίησής τους. 278
17. Στο επόμενο σχήμα να αντιστοιχίσετε την κάθε γραμμή (αριθμοί 1 ως 5) με την ονομασία της (γράμματα Α ως Ε).

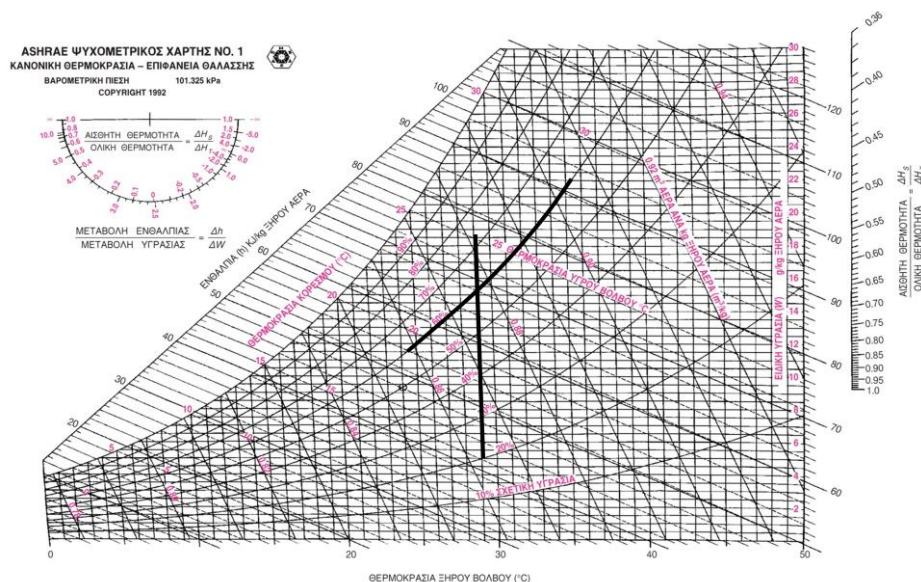


- A Γραμμή θερμοκρασίας ξηρού βολβού
- B Γραμμή θερμοκρασίας υγρού βολβού
- Γ Γραμμή σχετικής υγρασίας
- Δ Καμπύλη κορεσμού
- E Γραμμή λόγου υγρασίας

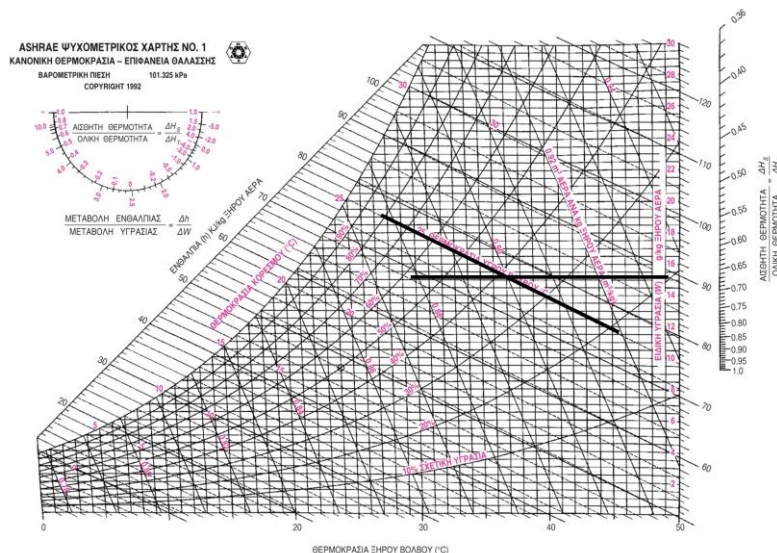
Απάντηση:

1-Δ, 2-A, 3-B, 4-Γ και 5-E.

18. Πως ρυθμίζεται η ποσότητα του εισαγόμενου αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον με εκείνο από το εσωτερικό σε μια κλιματιστική εγκατάσταση; 288
19. Σε τι διαφέρει ο τρόπος κίνησης των διαφραγμάτων νωπού αέρα σε κλιματιστικές εγκαταστάσεις μικρών απαιτήσεων, από τον τρόπο κίνησης σε εγκαταστάσεις ειδικών απαιτήσεων; 288
20. Τι μετράει και πως το ψυχρόμετρο; 289
21. Ο αέρας ενός χώρου έχει θερμοκρασία 29 °C και σχετική υγρασία 60%. Στον ψυχομετρικό χάρτη του σχήματος να βρείτε τα εξής μεγέθη: α) τη θερμοκρασία υγρού βολβού, β) το σημείο δρόσου, γ) το λόγο υγρασίας (στο διάγραμμα δίνεται σαν ειδική υγρασία), δ) τον ειδικό όγκο και ε) την ενθαλπία. Αν τα στοιχεία δεν φαίνονται καλά στο σχήμα που σας δίνετε, να βρείτε τα ζητούμενα από το διάγραμμα της σελίδας 293 του σχολικού βιβλίου.

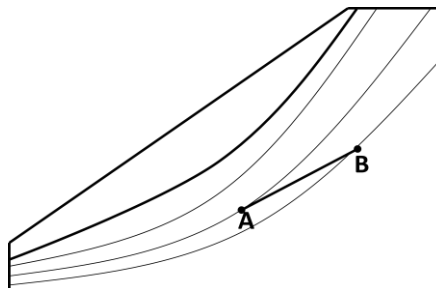
**Απάντηση:**

- α) θερμοκρασία υγρού βολβού: 23 °C, β) σημείο δρόσου: 20,5 °C, γ) λόγος υγρασίας: 15,2 g νερού ανά kg ξηρού αέρα, δ) ειδικός όγκος: 0,876 m³ αέρα ανά kg ξηρού αέρα, ε) ενθαλπία: 68,2 kJ/kg ξηρού αέρα.
22. Ο αέρας ενός χώρου έχει θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου 25 °C και λόγο υγρασίας 16 g/kg. Στον ψυχομετρικό χάρτη του σχήματος να βρείτε τα εξής μεγέθη: α) η θερμοκρασία ξηρού βολβού, β) το σημείο δρόσου, γ) η σχετική υγρασία, δ) ο ειδικός όγκος και ε) η ενθαλπία. Επειδή τα στοιχεία δεν φαίνονται καλά στο σχήμα που σας δίνετε, να βρείτε τα ζητούμενα από το διάγραμμα της σελίδας 293 του σχολικού βιβλίου.

**Απάντηση:**

α) θερμοκρασία ξηρού βολβού: 37 °C, β) σημείο δρόσου: 20,1 °C, γ) η σχετική υγρασία: 38%, δ) ειδικός όγκος: 0,89,9 m³ αέρα ανά kg ξηρού αέρα, και ε) ενθαλπία: 76 kJ/kg ξηρού αέρα.

23. Γιατί όταν ένας χώρος είναι χαμηλής θερμοκρασίας και με σωστή σχετική υγρασία, όταν θέλουμε να τον θερμάνουμε, πρέπει ταυτόχρονα να τον υγραίνουμε; 294
24. Στο επόμενο διάγραμμα (ψυχομετρικός χάρτης) φαίνεται μια μεταβολή AB (αρχικές συνθήκες αέρα: A και τελικές συνθήκες: B). Να πείτε τι μεταβολή είναι. Κατόπιν, για καθένα από τα μεγέθη: α) θερμοκρασία ξηρού βολβού, β) θερμοκρασία υγρού βολβού, γ) λόγος υγρασίας, δ) ενθαλπία και ε) σχετική υγρασία, να πείτε αν αυξήθηκε, μειώθηκε ή έμεινε σταθερό κατά τη μεταβολή αυτή.

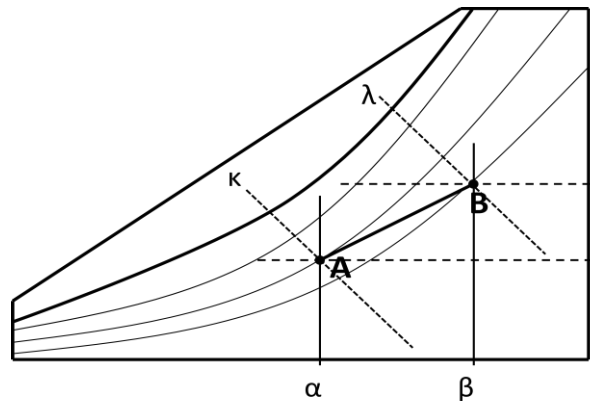
**Απάντηση:**

Από την κατεύθυνση που έχει η μεταβολή AB φαίνεται ότι έχει αυξηθεί η θερμοκρασία ξηρού βολβού (αφού προχώρησε προς τα δεξιά η μεταβολή) και ότι έχει γίνει ύγρανση, αφού το B είναι πιο ψηλά από το A. Άρα έγινε στο χώρο θέρμανση με ταυτόχρονη ύγρανση, προστέθηκε δηλαδή υγρασία.

Θα δούμε τώρα πιο αναλυτικά τις απαντήσεις στα επί μέρους ερωτήματα.

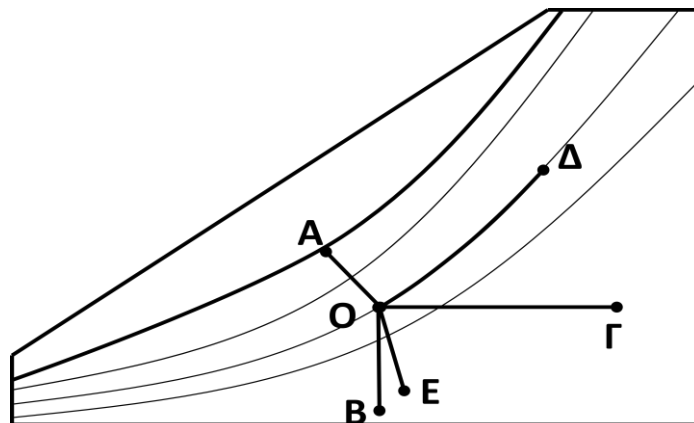
- α) Στο επόμενο σχήμα οι ευθείες (συνεχής γραμμή) που περνούν από τα A και B και αντιστοιχούν στις θερμοκρασίες ξηρού θερμομέτρου των σημείων αυτών, είναι εκείνες που στον οριζόντιο άξονα δείχνουν θερμοκρασίες (α) και (β). Προφανώς η θερμοκρασία (α) είναι μικρότερη από τη (β). Άρα η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου αυξήθηκε (θέρμανση).
- β) Στο σχήμα αυτό έχουμε φέρει τις ευθείες (με μικρές διακεκομμένες γραμμές) (κ) και (λ) που παριστάνουν τις ευθείες υγρού βολβού που περνούν από τα A και B. Σαφώς η (κ) αντιστοιχεί σε μικρότερη θερμοκρασία από την ευθεία (λ). Άρα η νέα θερμοκρασία υγρού βολβού είναι μεγαλύτερη από την προηγούμενη.
- γ) Οι δύο διακεκομμένες **οριζόντιες** ευθείες που φέραμε από τα A και B δείχνουν ότι το σημείο B έχει μεγαλύτερο λόγο υγρασίας από το A, αφού είναι πιο πάνω από αυτήν.

- δ) Οι ευθείες ενθαλπίας είναι σχεδόν παράλληλες με τις ευθείες της θερμοκρασίας υγρού βολβού. Επομένως και η ενθαλπία αυξήθηκε, όπως και η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου.
- ε) Αφού το Β είναι σε καμπύλη σχετικής υγρασίας πιο κάτω από την αντίστοιχη καμπύλη του Α, η σχετική υγρασία μειώθηκε.



Συνολικά λοιπόν έγινε θέρμανση με ύγρανση στον αέρα του χώρου. Το ότι μειώθηκε η σχετική υγρασία, οφείλεται στο ότι η θέρμανση ήταν αρκετή σε σχέση με την ύγρανση που ήταν σχετικά μικρή.

25. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνονται τέσσερις μεταβολές. Όλες ξεκινούν από το σημείο Ο και κάθε μια καταλήγει σε ένα από τα σημεία: Α, Β, Γ και Δ. Σε κάθε μια από αυτές, ένα μέγεθος παραμένει σταθερό. Να πείτε ποιο είναι αυτό. Μόνο στη μεταβολή ΟΑ μπορείτε, αν ξέρετε, να πείτε περισσότερα από ένα.



Απάντηση:

ΟΑ: Οι ευθείες σταθερής ενθαλπίας είναι σχεδόν παράλληλες με τις ευθείες της θερμοκρασίας υγρού βολβού, οπότε η μεταβολή αυτή μπορεί να είναι με σταθερά τα δύο αυτά μεγέθη.

ΟΒ: Προφανώς είναι μεταβολή με σταθερή την θερμοκρασία ξηρού βολβού.

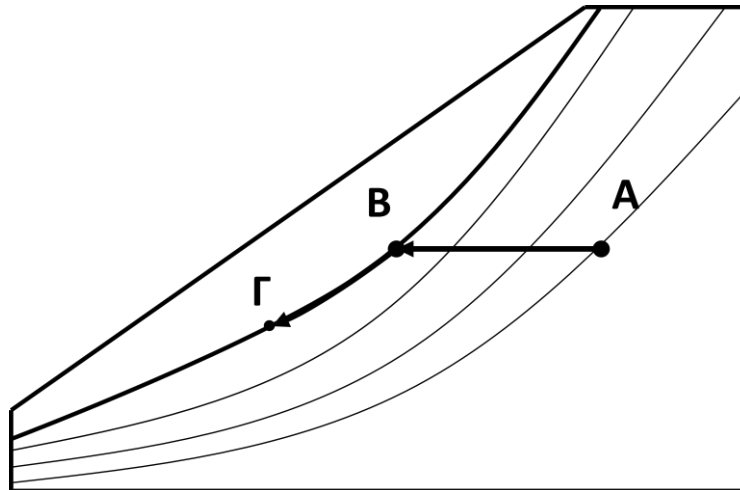
ΟΓ: Αφού είναι οριζόντια ευθεία θα είναι με σταθερό το λόγο υγρασίας που βρίσκεται στον κατακόρυφο δεξί άξονα.

ΟΔ: Είναι σαφές ότι ακολουθεί μια από τις καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας.

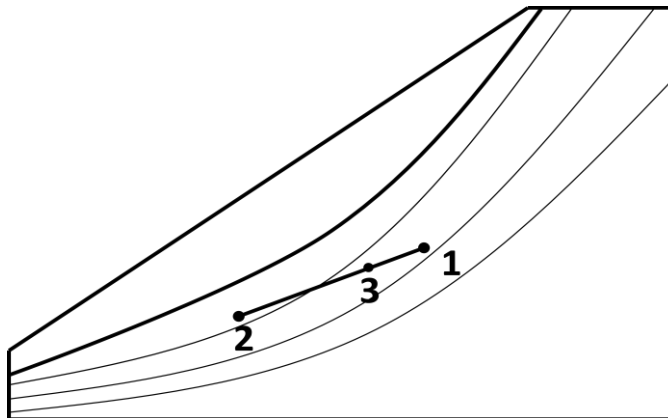
ΟΕ: Η ευθεία ΟΕ έχει μεγαλύτερη κλίση, ως προς την οριζόντια, από την ΟΑ, επομένως θα είναι μεταβολή με σταθερό ειδικό όγκο του αέρα.

26. Σε θέρμανση του αέρα χωρίς ύγρανση, ποια από τα ψυχομετρικά στοιχεία του αέρα (από εκείνα που εμφανίζονται στον ψυχομετρικό χάρτη) αυξάνονται, ποια μειώνονται και ποια μένουν αμετάβλητα; 295
27. Σε μια κλιματιστική συσκευή γίνεται ψύξη του αέρα με αφύγρανση. Να εξηγήσετε πως επιτυγχάνεται η αφύγρανση του αέρα. 296, 297

28. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η μεταβολή $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma$ του αέρα. Να περιγράψετε τις δύο επί μέρους μεταβολές: από το A στο B και από το B στο Γ . 296



29. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται το διάγραμμα που παριστάνει την ανάμειξη δύο ρευμάτων αέρα. Το ρεύμα 1 (οι συνθήκες του οποίου παριστάνονται στο διάγραμμα από το σημείο 1) έχει ενθαλπία h_1 , λόγο υγρασίας W_1 και η μάζα του αέρα είναι $m_{\alpha 1}$. Το ρεύμα 2 έχει ενθαλπία h_2 , λόγο υγρασίας W_2 και η μάζα του αέρα είναι $m_{\alpha 2}$. Το ρεύμα του αέρα που προκύπτει από την ανάμειξη, παριστάνεται από το σημείο 3 του διαγράμματος και τα αντίστοιχα μεγέθη για το νέο ρεύμα είναι h_3 , W_3 και $m_{\alpha 3}$. Να γράψετε ποια σχέση των παραπάνω μεγεθών συνδέεται με τα μήκη των τμημάτων (13) και (23). 298



Απάντηση:

$$\frac{(23)}{(13)} = \frac{(h_3 - h_2)}{(h_1 - h_3)} = \frac{(W_3 - W_2)}{(W_1 - W_3)} = \frac{m_{\alpha 1}}{m_{\alpha 2}}$$

Σημείωση: Αν στο βιβλίο σας στη σελίδα 298 η εξίσωση (10.5) δεν τελειώνει με τον λόγο $\frac{m_{\alpha 1}}{m_{\alpha 2}}$ αλλά με τη διαφορά $m_{\alpha 1} - m_{\alpha 2}$, τότε να το διορθώσετε.

Η σχέση (10.5) του βιβλίου προκύπτει αν εφαρμόσουμε το θεώρημα του Θαλή (από τη γεωμετρία!) για τους λόγους που κόβουν παράλληλες ευθείες μια άλλη ευθεία. Όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα, οι παράλληλες ευθείες είναι τη μια φορά εκείνες οι τρεις για το λόγο υγρασίας (W_1 , W_2 και W_3) και την άλλη φορά οι τρεις ευθείες της ενθαλπίας (h_1 , h_2 και h_3). Ο συμβολισμός (23) και (13) αφορά τα μήκη των τμημάτων. Αν είχατε μια άσκηση με πραγματικά νούμερα για να λύσετε, θα μετρούσατε τα μήκη σε χιλιοστά και θα τα βάζατε στον τύπο.

Για να φτάσουμε στο σημείο να τοποθετούμε το σημείο (3), που δείχνει την κατάσταση του μίγματος του αέρα, πάνω στην ευθεία που ενώνει τις καταστάσεις (1) και (2), χρησιμοποιήθηκε η γεωμετρία αλλά και οι ισολογισμοί ενθαλπίας, υγρασίας και μάζας του αέρα. Συγκεκριμένα με

δεδομένη την αδιαβατική ανάμειξη (κατά την οποία η θερμική ενέργεια των δύο ρευμάτων δε χάθηκε) έχουμε τις σχέσεις:

Ισολογισμός μάζας (ουσιαστικά είναι παροχή μάζας): $m_{\alpha 1} + m_{\alpha 2} = m_{\alpha 3}$

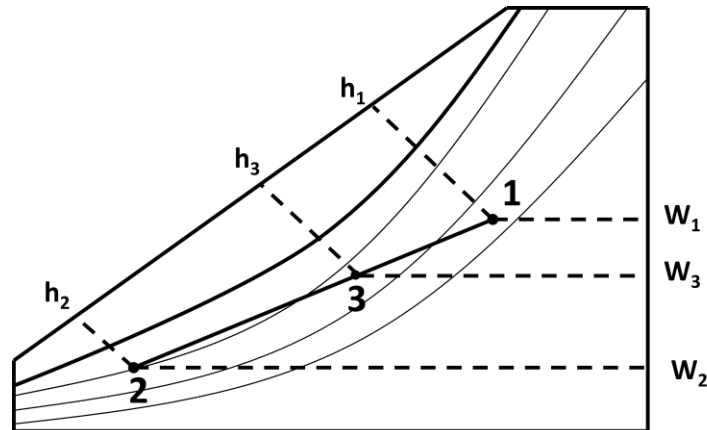
Ισολογισμός υγρασίας (δηλαδή της μάζας των υδρατμών): $m_{\alpha 1} \cdot W_1 + m_{\alpha 2} \cdot W_2 = m_{\alpha 3} \cdot W_3$

Ισολογισμός ενθαλπίας (θερμικής ισχύος): $m_{\alpha 1} \cdot h_1 + m_{\alpha 2} \cdot h_2 = m_{\alpha 3} \cdot h_3$

Σε όλες τις προηγούμενες σχέσεις οι μάζες είναι ουσιαστικά παροχές μάζας. Με μικρή μαθηματική επεξεργασία των τριών προηγούμενων σχέσεων προκύπτει η σχέση:

$$\frac{(23)}{(13)} = \frac{(h_3 - h_2)}{(h_1 - h_3)} = \frac{(W_3 - W_2)}{(W_1 - W_3)} = \frac{m_{\alpha 1}}{m_{\alpha 2}}$$

Και γεωμετρικά αποδεικνύεται ότι το σημείο (3) θα βρίσκεται στην ευθεία που ενώνει τα σημεία(1) και (2).



30. Σε ένα κλιματιζόμενο χώρο υπάρχει το ρεύμα επιστροφής αέρα με θερμοκρασία 27 °C και σχετική υγρασία 50%. Αυτό αναμειγνύεται με ένα ρεύμα αέρα που το παίρνουμε από το εξωτερικό περιβάλλον και έχει θερμοκρασία 37 °C και σχετική υγρασία 60%. Αν η αναλογία μαζών των δύο ρευμάτων είναι 40% φρέσκος αέρας και 60% αέρας ανακυκλοφορίας, να βρείτε την θερμοκρασία, την σχετική υγρασία και το λόγο υγρασίας του αέρα που προκύπτει (και θα πρέπει να πάει στη μονάδα επεξεργασίας αέρα για να διαμορφωθεί ώστε να επιστρέψει στον κλιματιζόμενο χώρο). Στον ψυχομετρικό χάρτη να σχεδιάσετε την ανάμειξη αυτή, την οποία θα θεωρήσετε αδιαβατική.

Απάντηση:

Κατά τα γνωστά, με χρήση της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας ξηρού βολβού, που γνωρίζουμε, βρίσκουμε τα σημεία της κατάστασης των δυο ρευμάτων στον ψυχομετρικό χάρτη. Είναι τα σημεία (1) για τον αέρα επιστροφής (θερμοκρασία 27 °C και σχετική υγρασία 50%) και το σημείο (2) για τον εξωτερικό αέρα (θερμοκρασία 37 °C και σχετική υγρασία 60%). Για να βρούμε το σημείο (3) θα σκεφτούμε ότι η αναλογία των μαζών του αέρα είναι και αναλογία του μήκους της ευθείας (12). Άρα θα μπορούσαμε να μετρήσουμε το μήκος αυτού του τμήματος και να πάρουμε τα 4/10 από το σημείο (2) και αυτό θα ήταν το σημείο (3). Θα παίρναμε τα 4/10, αφού το 40% είναι ο φρέσκος αέρας και παριστάνεται από το σημείο (2).

Στην περίπτωση μας, επειδή η διαφορά των θερμοκρασιών των ρευμάτων είναι 10 βαθμοί (37-27=10), μπορούμε να πάρουμε την κατακόρυφη γραμμή από τη θερμοκρασία ξηρού βολβού των 33 βαθμών (37-4=33) και εκεί που θα τμήσει την γραμμή (12) θα είναι το σημείο (3), αφού θα είναι ανάλογο με τα 4/10 το μήκος του τμήματος (12). Αυτό κάναμε στο σχήμα.

Κατόπιν βρίσκουμε τα ζητούμενα χαρακτηριστικά και βρήκαμε:

Σχετική υγρασία: 59,5%.

Θερμοκρασία ξηρού βολβού: 33 °C.

Λόγος υγρασίας: 18,8 gr νερού/kg ξηρού αέρα.

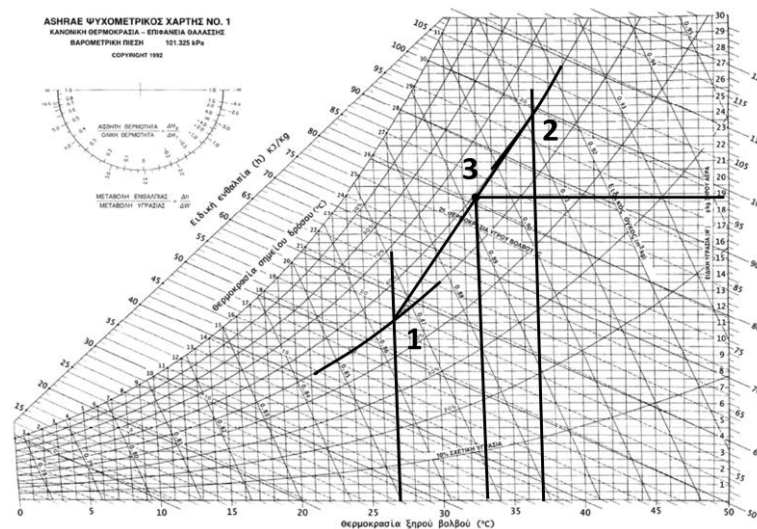
Αυτά τα χαρακτηριστικά έχει ο αέρας που τώρα θα οδηγηθεί στη μονάδα επεξεργασίας αέρα για να γίνει η επεξεργασία του ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που θέλουμε να έχει για να πάει στον κλιματιζόμενο χώρο.

Να κάνουμε τώρα ένα μικρό έλεγχο για να διαπιστώσουμε αν ισχύει η σχέση:

$$\frac{(23)}{(13)} = \frac{(h_2 - h_3)}{(h_3 - h_1)} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} = \frac{m_{\alpha 2}}{m_{\alpha 1}}$$

Πρέπει πρώτα να βρούμε όλες τις ενθαλπίες και τις υγρασίες από τον ψυχομετρικό χάρτη. Βρίσκουμε τον πίνακα:

Ενθαλπία (kJ/kg)			Λόγος υγρασίας (gr νερού/kg ξηρού αέρα)		
Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3
56	98	81	11	24	18,8



Ας κάνουμε τις τρεις αναλογίες που περιλαμβάνονται στην προηγούμενη σχέση:

$$\text{Ενθαλπία: } \frac{(h_2 - h_3)}{(h_3 - h_1)} = \frac{98 - 81}{81 - 56} = \frac{17}{25} = 0,68$$

$$\text{Υγρασία: } \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} = \frac{24 - 18,8}{18,8 - 11} = \frac{5,2}{7,8} = 0,66$$

$$\text{Μάζα: } \frac{m_{\alpha 2}}{m_{\alpha 1}} = \frac{40}{60} = 0,67$$

Βλέπουμε ότι η σχέση των αναλογιών ισχύει με καλή προσέγγιση. Θέλει όμως πολλή προσοχή στον καθορισμό των μεγεθών από τον χάρτη, γιατί είναι εύκολο να γίνει λάθος στην εκτίμηση της τιμής του μεγέθους.

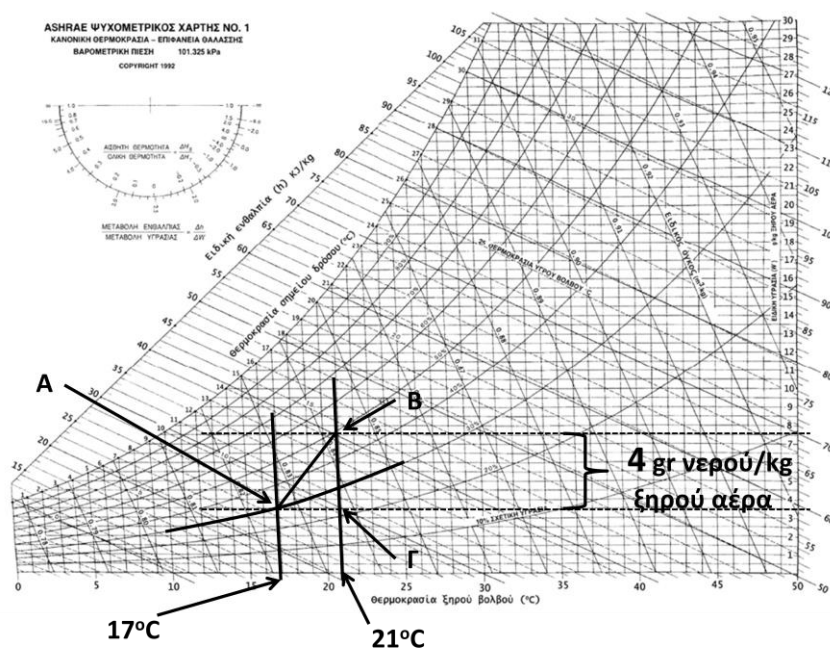
31. Ένας χώρος έχει θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου 17 °C και σχετική υγρασία 30%. Θέλουμε να θερμάνουμε τον χώρο στους 21 °C και να προσθέσουμε υγρασία σε ποσότητα 4 gr νερού/kg ξηρού αέρα. Να παραστήσετε τη μεταβολή στον ψυχομετρικό χάρτη και να βρείτε την καινούργια σχετική υγρασία.

Απάντηση:

Για τη λύση της άσκησης θα σκεφτούμε ως εξής: ας πούμε ότι βρισκόμαστε στην κατάσταση A και θέλουμε να μεταβούμε στην κατάσταση B. την κατάσταση A μπορούμε να τη βρούμε στον ψυχομετρικό χάρτη. Για να βρούμε την B υποθέτουμε ότι μεταβαίνουμε με δυο κινήσεις: πρώτα από το A πάμε στην θερμοκρασία των 21 °C και μετά προσθέτουμε την υγρασία των 4 gr νερού/kg ξηρού αέρα. Οπότε:

Βρίσκουμε κατά τα γνωστά το αρχικό σημείο A με στοιχεία: θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου 17 °C και σχετική υγρασία 30%. Κατόπιν φέρνουμε την κατακόρυφη γραμμή στη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου 21 °C και την οριζόντια από το σημείο A προς τα δεξιά του χάρτη. Τέμνονται στο σημείο Γ. Βλέπω ότι ο λόγος υγρασίας είναι 3,5 gr νερού/kg ξηρού αέρα. Από το σημείο Γ και πάνω στην κατακόρυφη της θερμοκρασίας των 21 °C, σημειώνω το σημείο B που δείχνει την αύξηση του λόγου υγρασίας κατά 4 gr νερού/kg ξηρού αέρα. Αυτό είναι το ζητούμενο σημείο. Και είναι αυτό γιατί έχει θερμοκρασία 21 °C και υγρασία κατά 4 gr

νερού/kg ξηρού αέρα, από το αρχικό σημείο. Το σημείο A έχει λόγο υγρασίας 3,5 gr νερού/kg ξηρού αέρα και το B 7,5 gr νερού/kg ξηρού αέρα.



Η καινούρια σχετική υγρασία θα βρεθεί από την πλησιέστερη καμπύλη και με γραμμική παρεμβολή. Ουσιαστικά ο υπολογισμός θα γίνει με το μάτι. Βλέπουμε ότι ακριβώς πάνω από το σημείο B είναι η καμπύλη 50%, οπότε εκτιμούμε ότι η ζητούμενη σχετική υγρασία θα είναι 49%.

32. Μπαίνουμε σε ένα δωμάτιο και βλέπουμε ότι έχει θερμοκρασία 35 °C και σχετική υγρασία 80%. Κλείνουμε καλά την πόρτα και ανοίγουμε το κλιματιστικό μηχάνημα. Μετά από ώρα βλέπουμε ότι έχουμε θερμοκρασία 25 °C και σχετική υγρασία 30% (ψύξη με αφύγρανση). Αν το δωμάτιο έχει μήκος 5 μέτρα, πλάτος 4 μέτρα και ύψος 3 μέτρα να εκτιμήσετε προσεγγιστικά πόσο περίπου νερό έδωσε το μηχάνημα στην αποχέτευσή του. Επειδή ο υπολογισμός είναι προσεγγιστικός να θεωρήσετε ότι αν και από τις χαραμάδες μπαίνει αέρας, να μη σας απασχολήσει αυτό διεξοδικά κατά τη λύση.

Απάντηση:

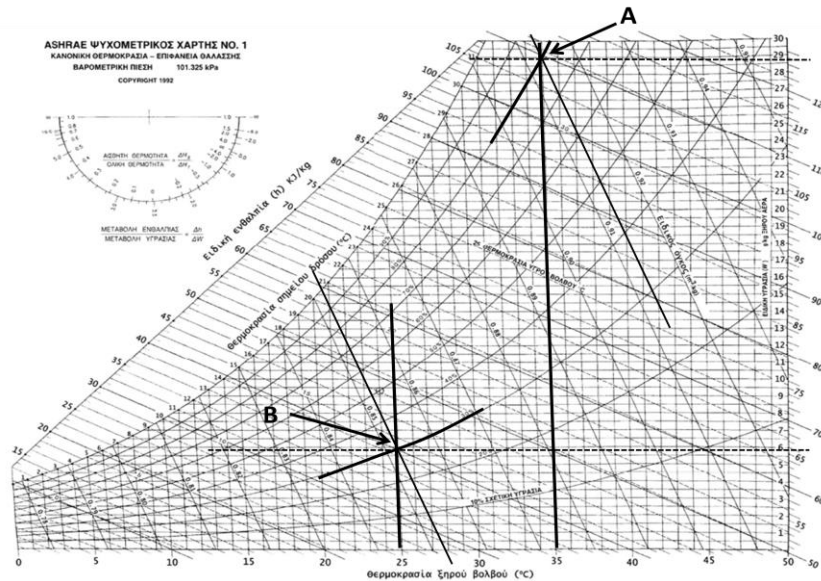
Στον επόμενο ψυχομετρικό χάρτη απεικονίζονται το αρχικό (A) και τελικό σημείο (B) αυτής της μεταβολής, που προσδιορίστηκαν από τις θερμοκρασίες ξηρού βολβού (κατακόρυφες συνεχείς γραμμές) και τις σχετικές υγρασίες (αντίστοιχες καμπύλες) των δυο καταστάσεων. Στο διάγραμμα έχουμε επί πλέον χαράξει τις οριζόντιες ευθείες που μας οδηγούν στις τιμές του λόγου υγρασίας των αντίστοιχων σημείων. Για το A έχουμε τιμή 28,7 gr νερού/kg ξηρού αέρα και για το B 6 gr νερού/kg ξηρού αέρα. Έχουμε χαράξει και τις ευθείες των ειδικών όγκων του αέρα και οι αντίστοιχες τιμές είναι για το σημείο A, 0,913 m³/kg ξηρού αέρα και για το B, 0,852 m³/kg ξηρού αέρα. Το δωμάτιο έχει όγκο: 5x4x3=60m³.

Θα βρούμε τώρα πόσα κιλά αέρα έχουμε στις δυο περιπτώσεις A και B. Αυτό θα το βρούμε αν διαιρέσουμε τον όγκο με τον ειδικό όγκο. Αυτό γιατί ο ειδικός όγκος μας λέει σε πόσα κυβικά μέτρα όγκο είναι 1 κιλό αέρας. (πχ. Αν σε δέκα κυβικά ήταν ένα κιλό αέρας, θα διαιρούσαμε το 60 με το 10 για να βρούμε ότι τα 60 κυβικά μέτρα έχουν 6 κιλά αέρα). Βρίσκουμε λοιπόν στις δύο καταστάσεις:

$$A: \frac{60m^3}{0,913m^3/kg \text{ ξηρού αέρα}} = 65,72 \text{ kg ξηρού αέρα}$$

$$B: \frac{60m^3}{0,852m^3/kg \text{ ξηρού αέρα}} = 70,42 \text{ kg ξηρού αέρα}$$

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι αυτά προκύπτουν και με την απλή μέθοδο των τριών: για την περίπτωση A ότι 1 κιλό ξηρού αέρα υπάρχει σε $0,913 \text{ m}^3$ αυτού. Πόσα κιλά ξηρού αέρα βρίσκονται σε 60 m^3 αυτού; Ισχύει η αναλογία: $\frac{1}{0,913} = \frac{X}{60} \Rightarrow X \cdot 0,913 = 1 \cdot 60 \Rightarrow X = \frac{60}{0,913}$



Άρα βλέπουμε ότι αρχικά είχαμε 65,72 κιλά ξηρού αέρα και με την ψύξη αυξήθηκαν στα 70,42 κιλά. Η επί πλέον ποσότητα μπήκε από τις χαραμάδες αφού με την ψύξη του αρχικού αέρα, η πυκνότητά του μειώθηκε με αποτέλεσμα να μειωθεί και η πίεση. Αυτό προκάλεσε την είσοδο της ποσότητας από τις χαραμάδες.

Από την υγρασία που έχουμε από το διάγραμμα στις δυο καταστάσεις μπορούμε να υπολογίσουμε πόσο νερό είχαμε αρχικά και τελικά στο δωμάτιο. Στην αρχική κατάσταση είχαμε υγρασία 28,7 gr νερού/kg ξηρού αέρα, δηλαδή για κάθε κιλό ξηρού αέρα είχαμε 28,7 γραμμάρια νερό. Άρα στην αρχή είχαμε:

$$65,72 \times 28,7 = 1886,164 \text{ γραμμάρια.}$$

Στο τέλος είχαμε:

$$70,42 \times 6 = 422,52 \text{ γραμμάρια.}$$

Επομένως εκδιώχθηκαν από το δωμάτιο:

$$1886,164 - 422,52 = 1463,644 \text{ gr.}$$

Άρα στην αποχέτευση του κλιματιστικού έφυγαν περίπου 1,5 κιλά νερό.

33. Έχουμε ένα δωμάτιο με όγκο 50 m^3 . Η θερμοκρασία ξηρού βολβού είναι $20 \text{ }^\circ\text{C}$ και η σχετική υγρασία 50%. Το θερμαίνουμε χωρίς ύγρανση στους $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Να βρείτε πόση θερμότητα χρειάστηκε γι αυτό, θεωρώντας ότι κατά τη θέρμανση δεν προστέθηκε ή αφαιρέθηκε από το χώρο καθόλου άλλη θερμότητα. Επίσης να θεωρήσετε ότι η ποσότητα του αέρα δεν άλλαξε σε όλη την μεταβολή.

Απάντηση:

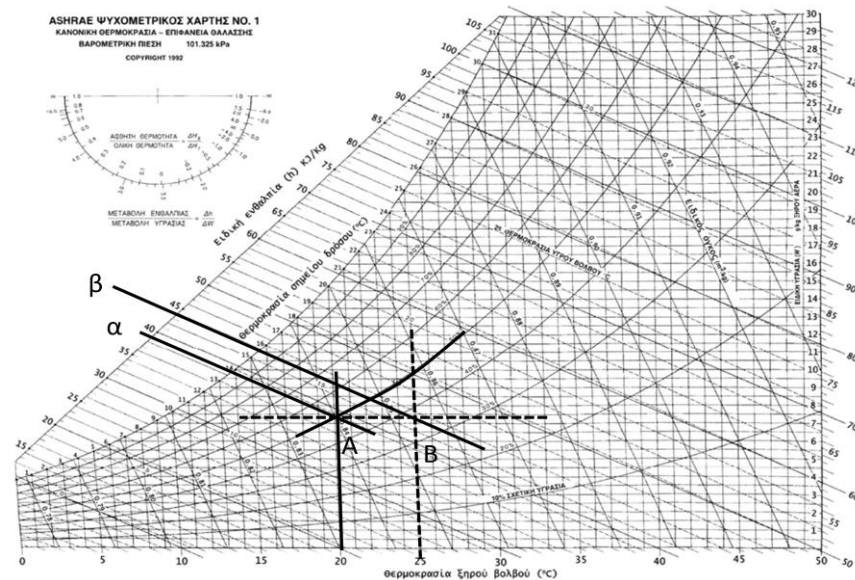
Στο επόμενο σχήμα έχουμε σχεδιάσει στον ψυχομετρικό χάρτη τη μεταβολή από την αρχική κατάσταση (σημείο A) στην τελική (σημείο B).

Το σημείο A το βρήκαμε ακολουθώντας την καμπύλη σχετικής υγρασίας 50% και της θερμοκρασίας $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Το σημείο τομής τους είναι το A. Κατά τη θέρμανση στους $25 \text{ }^\circ\text{C}$, επειδή η υγρασία έμεινε σταθερή (εννοούμε τον λόγο υγρασίας), η μεταβολή ακολούθησε την οριζόντια γραμμή προς τα δεξιά. Εκεί που έκοψε την κατακόρυφη ευθεία των $25 \text{ }^\circ\text{C}$ είναι το σημείο B. Άρα η μεταβολή παριστάνεται στο διάγραμμα πίεσης - ενθαλπίας από την μετακίνηση από το A στο B.

Για τα σημεία A και B βρίσκουμε τις τιμές της ειδικής ενθαλπίας από τον χάρτη. Γι' αυτό έχουμε σχεδιάσει τις ευθείες α και β που ακολουθούν τις παράλληλες της ενθαλπίας από τα A και B. Οι τιμές που βρίσκουμε είναι: $h_A = 38,2 \text{ kJ/kg}$ ξηρού αέρα και $h_B = 43 \text{ kJ/kg}$ ξηρού αέρα.

Σύμφωνα με την εκφώνηση της άσκησης η αύξηση της ενθαλπίας του αέρα οφείλεται στη θερμότητα που μας ζητάνε. Πρέπει να βρούμε πόσα κιλά αέρα βρίσκονται στο δωμάτιο. Αυτό θα το βρούμε από τον ειδικό όγκο στο σημείο A που από τις ευθείες ειδικού όγκου βλέπουμε ότι είναι $0,84 \text{ m}^3/\text{kg}$ ξηρού αέρα, δηλαδή κάθε κιλό ξηρού αέρα βρίσκεται σε $0,84 \text{ m}^3$.

Επομένως στα 50 m^3 του δωματίου βρίσκονται: $\frac{50 \text{ m}^3}{0,84 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ ξηρού αέρα}} = 59,5 \text{ kg}$ ξηρού αέρα.



Δηλαδή βρίσκονται στο δωμάτιο $59,5 \text{ kg}$ ξηρού αέρα. Σε κάθε κιλό προστέθηκε θερμότητα που μπορούμε να βρούμε από τη διαφορά των ενθαλιπών:

$$h_B - h_A = 43 \text{ kJ/kg} - 38,2 \text{ kJ/kg} = 4,8 \text{ kJ/kg}$$

Επομένως σε όλο το δωμάτιο προστέθηκαν: $59,5 \text{ kg} \times 4,8 \text{ kJ/kg} = 285,6 \text{ kJ} = 285600 \text{ J}$

Από τον πίνακα 3 της σελίδας 376 κάνουμε την μετατροπή των Joule σε kcal, κυρίως για να δούμε αν το αποτέλεσμα έχει λογική τιμή (διότι δεν είμαστε εξοικειωμένοι με τα Joule).

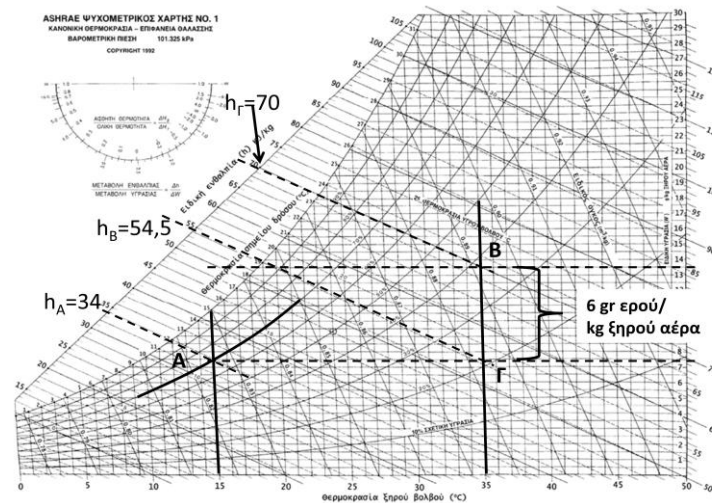
Βρίσκουμε: Θερμότητα = $2,39 \times 10^{-4} \times 285600 = 68,26 \text{ kcal}$. Το νούμερο αυτό είναι λογικό. Η τιμή αυτή φαίνεται μικρή, αλλά δεν πρέπει να συγκρίνουμε αυτή την τιμή με τη θερμότητα που θα δίναμε μια χειμωνιάτικη μέρα στο δωμάτιο για να το ζεστάνουμε, διότι τότε η περισσότερη θερμότητα καταναλώνεται στις απώλειες του χώρου.

34. Έστω αέρας με θερμοκρασία $15 \text{ }^\circ\text{C}$ και σχετική υγρασία 70%. Τον θερμαίνουμε μέχρι τη θερμοκρασία των $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Ταυτόχρονα προσθέτουμε 6 gr νερού/kg ξηρού αέρα. Να παραστήσετε τη μεταβολή στον ψυχομετρικό χάρτη και να υπολογίσετε πόση ήταν η αισθητή και πόση η λανθάνουσα θερμότητα που προσθέσαμε ανά κιλό ξηρού αέρα.

Απάντηση:

Για την απεικόνιση στον χάρτη θα βρούμε πρώτα το αρχικό σημείο A του αέρα από την κατακόρυφη γραμμή της θερμοκρασίας των $15 \text{ }^\circ\text{C}$ και την καμπύλη της σχετικής υγρασίας 70%. Το σημείο B, που δείχνει την τελική κατάσταση του αέρα, θα το βρούμε ως τομή δύο γραμμών. Η μια είναι η ευθεία της θερμοκρασίας των $35 \text{ }^\circ\text{C}$ και η άλλη είναι η γραμμή του λόγου υγρασίας που θα αντιστοιχεί σε λόγο υγρασίας κατά 6 gr νερού/kg ξηρού αέρα περισσότερα από τον λόγο υγρασίας της κατάστασης A. Ο αρχικός λόγος υγρασίας ήταν $7,5 \text{ gr}$ νερού/kg ξηρού αέρα, οπότε με την δεδομένη αύξηση πήγε στα $13,5 \text{ gr}$ νερού/kg ξηρού αέρα. Αυτά απεικονίζονται στο επόμενο διάγραμμα. Για να βρούμε το σημείο B ουσιαστικά θεωρούμε ότι κάναμε την αλλαγή της κατάστασης του αέρα σε δυο κινήσεις: πρώτα θερμάναμε στους $35 \text{ }^\circ\text{C}$, χωρίς ύγρανση (σημείο Γ) και μετά κάναμε ύγρανση χωρίς αλλαγή θερμοκρασίας (άρα

κατακόρυφη μεταβολή για να πάμε στο σημείο Β). Αμέσως μετά αναφέρονται οι μεταβολές αυτές με περισσότερη λεπτομέρεια.



Βλέπουμε ότι η σχετική υγρασία μειώθηκε στο 38%, παρά το ότι προστέθηκε υγρασία. Αυτό έγινε γιατί αυξήθηκε κατά πολύ η θερμοκρασία του αέρα.

Για να βρούμε τις ζητούμενες θερμότητες θα σκεφτούμε όπως αναφέραμε λίγο πριν: πηγαίνουμε από την κατάσταση Α στην Β όχι κατευθείαν αλλά με δυο βήματα. Το πρώτο είναι από το Α στο Γ με θέρμανση χωρίς ύγρανση, οπότε η μεταβολή είναι οριζόντια προς τα δεξιά. Όταν φτάσουμε στη θερμοκρασία 35 °C, σταματάμε το πρώτο βήμα και ξεκινάμε το δεύτερο. Σε αυτό απλά προσθέτουμε την υγρασία των 6 gr νερού/kg ξηρού αέρα, χωρίς αλλαγή της θερμοκρασίας. Άρα η μεταβολή γίνεται κατακόρυφα προς τα επάνω. Αυτή θα σταματήσει στον λόγο υγρασίας 13,5 gr νερού/kg ξηρού αέρα.

Ας δούμε, τώρα από άποψη ενθαλπών τι έχουμε: στο πρώτο βήμα με τη θέρμανση χωρίς ύγρανση η θερμότητα που δίνεται είναι μόνο αισθητή αφού έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας χωρίς να αλλάξει φάση καθόλου το νερό. Άρα η ειδική ενθαλπία μεταξύ του Α και του Γ είναι όλη αισθητή, και είναι: $h_{\Gamma} - h_A = 54,5 - 34 = 20,5 \text{ kJ/kg}$ ξηρού αέρα.

Από την κατάσταση Γ πηγαίνουμε στην κατάσταση Β κάνοντας μόνο ύγρανση, χωρίς μεταβολή της θερμοκρασίας (ξηρού θερμομέτρου). Προφανώς το νερό της ύγρανσης μετατρέπεται σε υδρατμούς απορροφώντας θερμότητα η οποία είναι όλη λανθάνουσα, αφού αλλάζει φάση το νερό και δεν αλλάζει η θερμοκρασία. Η λανθάνουσα αυτή θερμότητα θα ισούται με τη διαφορά των ενθαλπών: $h_B - h_{\Gamma} = 70 - 54,5 = 15,5 \text{ kJ/kg}$ ξηρού αέρα.

Επομένως η αισθητή θερμότητα που δίνουμε είναι 20,5 kJ/kg ξηρού αέρα και η λανθάνουσα θερμότητα που δίνουμε είναι 15,5 kJ/kg ξηρού αέρα.

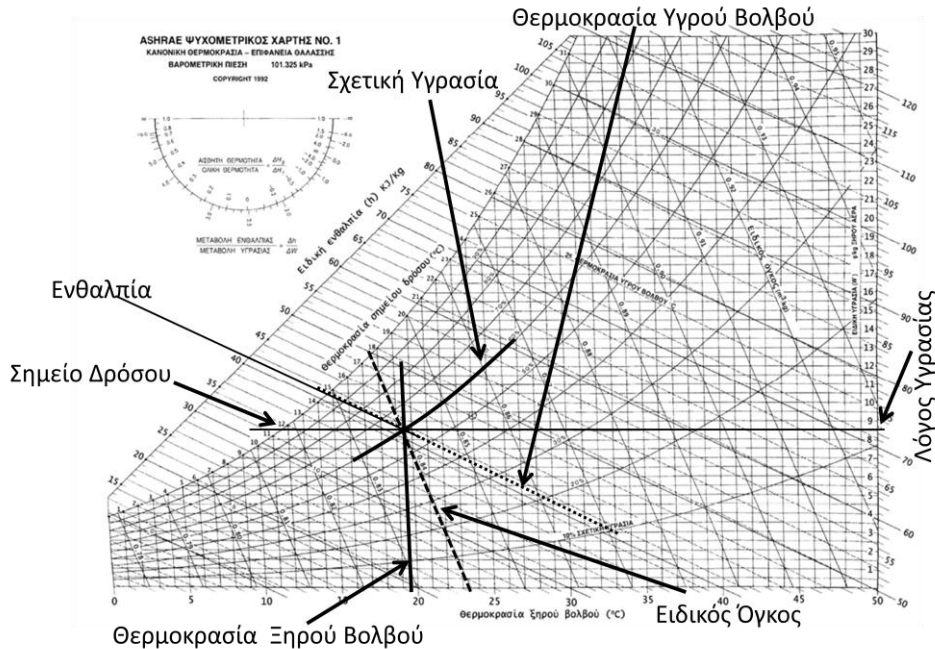
Η μεταβολή από την κατάσταση Α στην Β με τα δυο βήματα που περιγράψαμε είναι φανταστική, αλλά εξυπηρετεί στην λύση του προβλήματος. Θα μπορούσαμε να επιλέξουμε και δύο ή τρία διαφορετικά βήματα που να καταλήγουν στο Β, όμως μάλλον θα ήταν πιο δύσκολη η επίλυση. Η πραγματική μεταβολή ακολουθεί την γραμμή Α→Β, όχι κατ' ανάγκην στην ευθεία που ενώνει τα δύο σημεία.

Κεφάλαιο 10

10.2. Ερωτήσεις - Δραστηριότητες σχολικού βιβλίου

1. Να βρείτε τους ψυχομετρικούς όρους του σημείου με χαρακτηριστικά: Θερμοκρασία ξηρού βολβού $19,5^{\circ}\text{C}$ και σχετική υγρασία 60%.

Απάντηση:



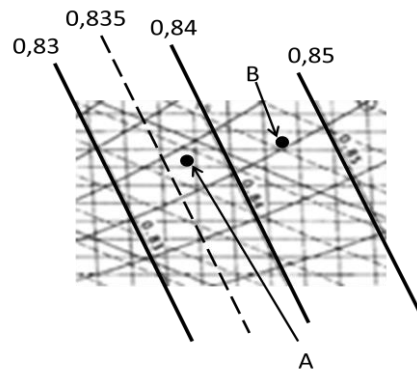
Για τη χρήση του Ψυχομετρικού Χάρτη απαιτείται μεγάλη προσοχή, γιατί συνήθως δεν είναι εύκολο να διακρίνουμε τις τιμές των μεγεθών. Γι' αυτό πάντα υπάρχει ένα μικρό περιθώριο λάθους στις τιμές που θα βρούμε.

Στις ασκήσεις αυτού του είδους μας δίνονται τα δύο από τα επτά χαρακτηριστικά και ζητούνται τα υπόλοιπα. Αυτό που κάνουμε είναι να βρούμε το σημείο τομής των δύο γραμμών που αντιστοιχούν στα μεγέθη που μας δίνονται και από εκεί να βρούμε ποιες γραμμές από τις υπόλοιπες περνούν.

Στην συγκεκριμένη άσκηση χαράσσουμε την καμπύλη σχετικής υγρασίας 60% και από τους $19,5^{\circ}\text{C}$ του οριζώντιου άξονα υψώνουμε κατακόρυφη ευθεία. Οι δυο γραμμές τέμνονται σε ένα σημείο. Στο σχήμα πιο πάνω φαίνονται αυτά. Το ίδιο φαίνονται και τα υπόλοιπα μεγέθη που θα βρούμε ως εξής:

- Από το σημείο αυτό περνά η ευθεία **ειδικού όγκου** (αν δεν περνά από εκεί ακριβώς κάνουμε μια οπτική εκτίμηση για την τιμή της ευθείας που περνά) και βρίσκουμε ότι ο ειδικός όγκος στην περίπτωση μας είναι $0,84 \text{ m}^3/\text{kg}$ ξηρού αέρα. Το διάγραμμα (ψυχομετρικός χάρτης) που χρησιμοποιήσαμε έχει για τον ειδικό όγκο τις ευθείες ανά ένα εκατοστό ($0,01 \text{ m}^3/\text{kg}$) και η μια από την άλλη απέχουν αρκετά. Γι αυτό θα είμαστε προσεκτικοί στην εκτίμηση που θα κάνουμε. Στο επόμενο σχήμα κάναμε μια μεγέθυνση του διαγράμματος για να δείξουμε με λεπτομέρεια αυτό που πρέπει να κάνετε σε τέτοιες περιπτώσεις. Έχουμε τονίσει τις γραμμές ειδικού όγκου με τιμές $0,83$, $0,84$ και $0,85 \text{ m}^3/\text{kg}$. Έχουμε σχεδιάσει με διακεκομμένη γραμμή και την ενδιάμεση ακριβώς γραμμή ανάμεσα στις τιμές $0,83$ και $0,84$. Η τιμή της θα είναι το $0,835 \text{ m}^3/\text{kg}$, αφού $(0,83+0,84)/2=0,835$. Έχει σημειωθεί. Έχουμε βάλει τα δυο σημεία, A και B, για να δούμε την τιμή του ειδικού όγκου που πρέπει να τους δώσουμε. Το σημείο A είναι λίγο πιο πάνω από το $0,835$ αλλά πριν το $0,84$, που για καλύτερη εποπτεία μπορούμε να το γράψουμε $0,840$. Ανάμεσα στο $0,835$ και το $0,840$ είναι οι τιμές $0,836$, $0,837$, $0,838$ και $0,839$. Με το μάτι φαίνεται ότι καλύτερα πλησιάζει στην τιμή $0,837$. Άρα το σημείο A έχει τιμή ειδικού όγκου $0,837 \text{ m}^3/\text{kg}$. Αντίστοιχα το σημείο B ίσως είναι πάνω στην μέση μεταξύ των τιμών $0,84$ και $0,85$,

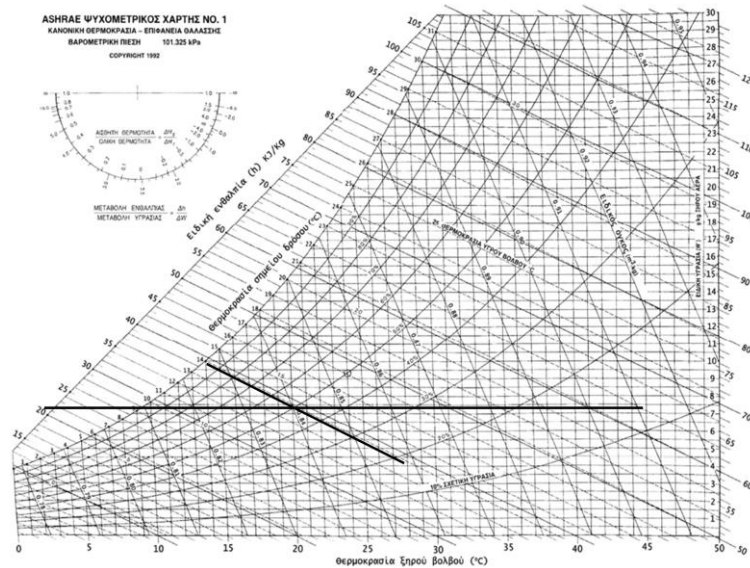
άρα θα έχει τιμή $0,845 \text{ m}^3/\text{kg}$. Αλλά αν νομίζετε ότι είναι λίγο μετά μπορείτε να του δώσετε την τιμή $0,846 \text{ m}^3/\text{kg}$.



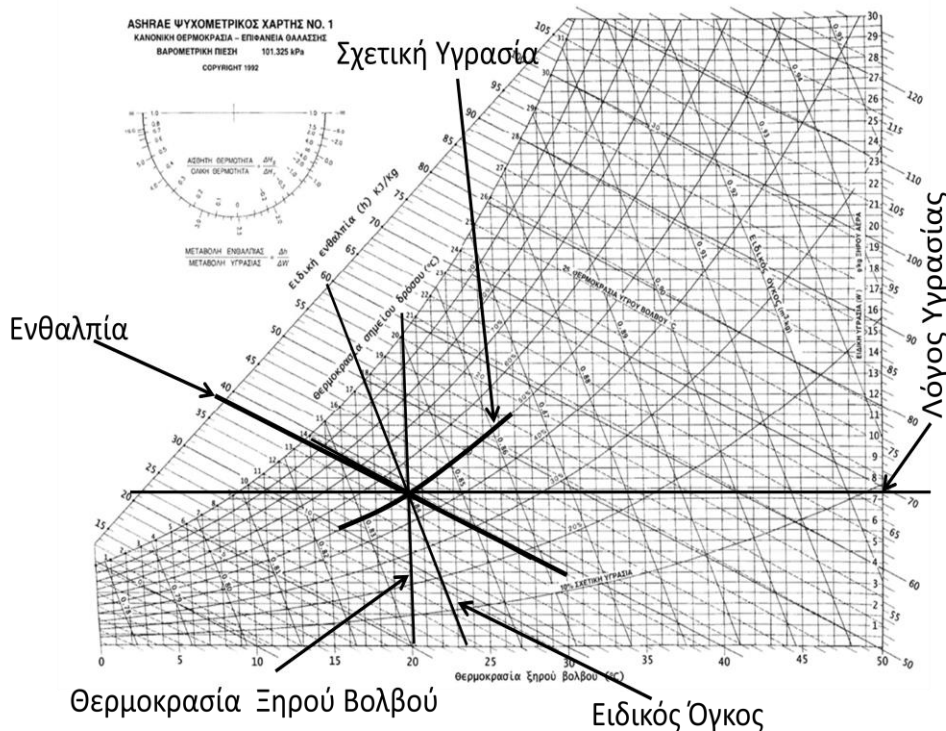
- Από την προέκταση της ευθείας για την **ενθαλπία** την βρίσκουμε ίση με 41 kJ/kg ξηρού αέρα. Όποιο σημείο στο χάρτη και αν έχουμε, για να βρούμε την ενθαλπία, τραβάμε μια γραμμή από αυτό παράλληλη στις γραμμές της ενθαλπίας. Αυτές είναι εκείνες που βρίσκονται μέσα στο χώρο ανάμεσα στη καμπύλη θερμοκρασίας σημείου δρόσου και της ευθείας ειδικής ενθαλπίας στο χάρτη. Εκεί που τέμνει την τελευταία ευθεία είναι η τιμή που αναζητάμε.
 - Από την προέκταση της ευθείας για τον **λόγο υγρασίας** (τα διαγράμματα που δίνονται εδώ έχουν τις τιμές του λόγου υγρασίας, αν και μπορεί να γράφουν **ειδική υγρασία**, που είναι λίγο διαφορετικό μέγεθος, σύμφωνα και με τον ορισμό στη σελίδα 278 του σχολικού βιβλίου) τον βρίσκουμε ίσο με $8,6 \text{ gr}$ νερού/ kg ξηρού αέρα. Οι γραμμές του λόγου υγρασίας είναι οι οριζόντιες και οι τιμές της είναι πάνω στον δεξί κατακόρυφο άξονα.
 - Από το σημείο τομής περνά η ευθεία **Θερμοκρασίας υγρού βολβού** που είναι $14,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Πρέπει να προσέχετε ώστε να μην μπερδεύετε τις γραμμές της ενθαλπίας με εκείνες της Θερμοκρασίας υγρού βολβού, που είναι σχεδόν παράλληλες.
 - Για το **σημείο δρόσου** προεκτείνουμε οριζόντια γραμμή προς τα αριστερά του διαγράμματος και τέμνει την καμπύλη κορεσμού στην τιμή $11,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Αν καταλάβατε τι ακριβώς παριστάνει το σημείο δρόσου, τότε μπορείτε να καταλάβετε και γιατί το βρίσκουμε με αυτό τον τρόπο. Με απλά λόγια: για να φτάσουμε στο σημείο δρόσου ενός χώρου, πρέπει να τον ψύξουμε (χωρίς πρόσθεση ή αφαίρεση υγρασία, με άλλα λόγια αέρα) μέχρι η σχετική του υγρασία να πάει στο 100%. Με αυτό τον τρόπο ψύξης η πραγματική υγρασία (λόγος υγρασίας, ποσότητα σε γραμμάρια του νερού στην ατμόσφαιρα του χώρου) δεν αλλάζει. Άρα η μετακίνηση στο χάρτη θα είναι οριζόντια (σταθερός λόγος υγρασίας). Επομένως πρέπει να μετακινηθούμε οριζόντια στο χάρτη και αριστερά (αφού κάνουμε ψύξη). Και αφού είπαμε ότι θα ψύξουμε μέχρι να έχουμε 100% υγρασία, θα σταματήσουμε στην καμπύλη θερμοκρασίας κορεσμού. Επειδή μπερδεύουμε καμιά φορά τον λόγο υγρασίας με την ειδική υγρασία, λέμε ότι χονδρικά η διαφορά τους είναι ότι ο λόγος υγρασίας έχει στον παρονομαστή ένα κιλό αέρα μαζί με την υγρασία ενώ η ειδική υγρασία έχει ένα κιλό αέρα χωρίς υγρασία. Άρα η διαφορά είναι πολλή μικρή.
2. Να βρείτε τους ψυχομετρικούς όρους του σημείου με χαρακτηριστικά: Θερμοκρασία υγρού βολβού $14 \text{ }^\circ\text{C}$ και σημείο υγροποίησης $9,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Απάντηση:

Στο επόμενο σχήμα έχουμε σχεδιάσει μόνο τις γραμμές με θερμοκρασία υγρού βολβού $14 \text{ }^\circ\text{C}$ (ακολουθεί την πλάγια γραμμή όπως είναι εκείνες του υγρού βολβού) και με σημείο υγροποίησης $9,5 \text{ }^\circ\text{C}$, που είναι οι οριζόντιες που περνούν από την θερμοκρασία των $9,5 \text{ }^\circ\text{C}$, όπως φαίνεται πάνω στην καμπύλη κορεσμού. Οι δυο αυτές γραμμές τέμνονται σε ένα σημείο και θα δούμε τις γραμμές των μεγεθών που ζητάμε και περνούν από αυτό το σημείο.

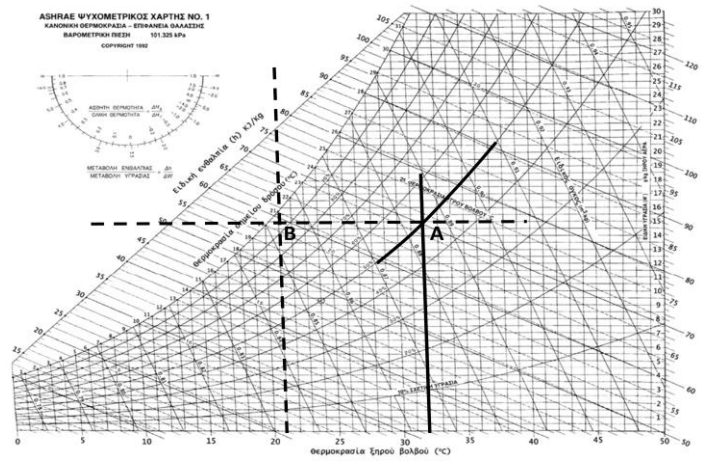


Στο επόμενο σχήμα βλέπουμε τις πέντε γραμμές που προσδιορίζουν τα ζητούμενα μεγέθη. Περνά η καμπύλη με **σχετική υγρασία** 50%. Περνά η ευθεία που μας δίνει **ενθαλπία** ίση με 38 kJ/kg. Προεκτείνουμε την υπάρχουσα ευθεία με την οποία βρήκαμε το σημείο δρόσου και τέμνει τον κατακόρυφο άξονα στο **λόγο υγρασίας** 7,3 gr νερού/kg ξηρού αέρα. Φέρνουμε την παράλληλη στις ευθείες του **ειδικού όγκου** και βρίσκουμε ότι από το σημείο που έχουμε περνά η ευθεία των 84 m³/kg. Για την **θερμοκρασία ξηρού βολβού** φέρουμε την κάθετη στον οριζόντιο άξονα και βλέπουμε ότι έχουμε θερμοκρασία 20 °C.



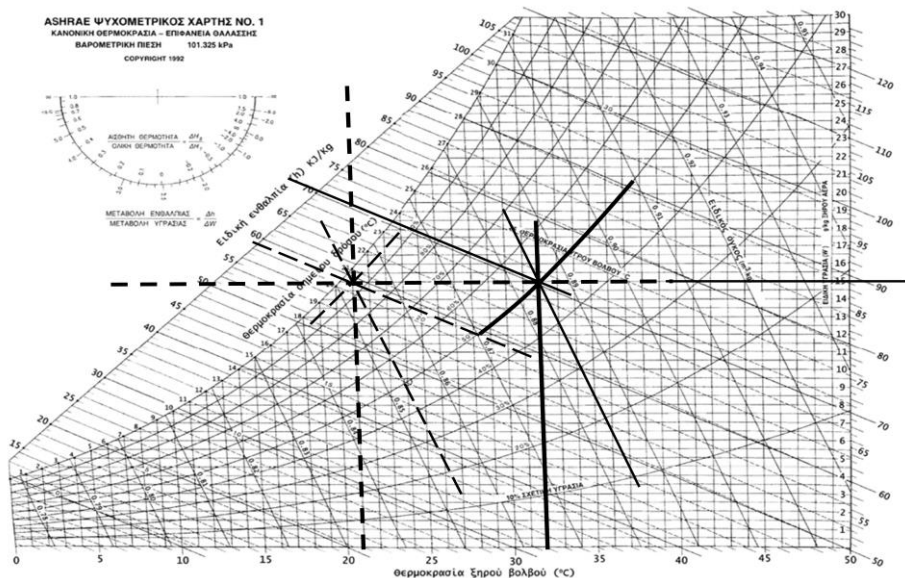
- Ψύχουμε τον εσωτερικό αέρα ενός χώρου με χαρακτηριστικά: θερμοκρασία ξηρού βολβού 32 °C και σχετική υγρασία 50% χωρίς να προσθέτουμε υγρασία μέχρι τη θερμοκρασία ξηρού βολβού 21 °C. Να βρείτε τους υπόλοιπους ψυχομετρικούς όρους του σημείου της αρχικής και τελικής κατάστασης του αέρα, ενώ παράλληλα να γίνει αποτύπωση των δύο σημείων στον ψυχομετρικό χάρτη.

Απάντηση:



Στο προηγούμενο σχήμα το σημείο A είναι το αρχικό σημείο, το οποίο βρήκαμε στην τομή των γραμμών α) με θερμοκρασία ξηρού βολβού 32 °C και β) με σχετική υγρασία 50%. Το σημείο B το βρήκαμε κάνοντας την ψύξη στους 21 °C χωρίς πρόσθεση ή αφαίρεση υγρασίας. Γι αυτό φέραμε την κάθετο διακεκομμένη γραμμή στους 21 °C. Εκεί που αυτή η ευθεία τέμνει την οριζόντια γραμμή από το A είναι το σημείο B. Και είναι σε αυτό το σημείο, γιατί αφού έγινε αλλαγή θερμοκρασίας χωρίς να αλλάξει ο λόγος υγρασίας (η σχετική υγρασία έχει αλλάξει με την ψύξη) η αλλαγή θα είναι οριζόντια ώστε να μην αλλάξει ο λόγος υγρασίας.

Για να βρούμε τα άλλα ψυχομετρικά μεγέθη, εργαζόμαστε όπως και στις δυο προηγούμενες ασκήσεις. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται οι γραμμές που μας βοηθάνε γι αυτό. Οι συνεχείς αναφέρονται στο αρχικό σημείο A και οι διακεκομμένες στο τελικό B.



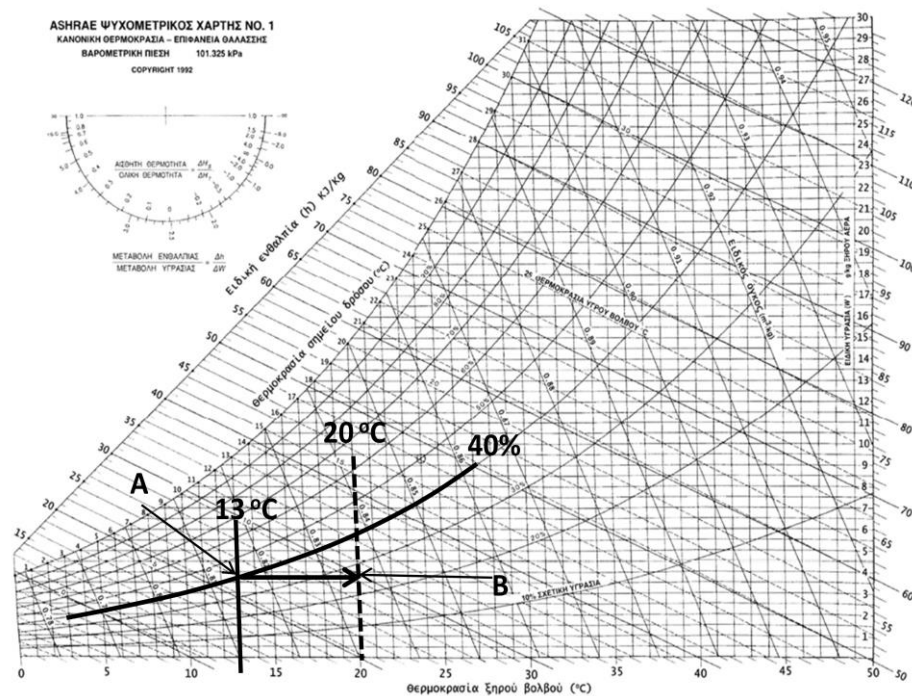
Οι τιμές που βρίσκουμε από τον χάρτη είναι:

Μέγεθος (μονάδες)	Αρχικό σημείο A	Τελικό σημείο B
Θερμοκρασία ξηρού βολβού (°C)	32	21
Θερμοκρασία υγρού βολβού (°C)	23,6	20,5
Σχετική υγρασία (%)	50	96
Λόγος υγρασίας (gr νερού/kg ξηρού αέρα)	15	15
Ειδική ενθαλπία (kJ/kg)	70,4	59
Σημείο δρόσου (°C)	20	20
Ειδικός όγκος (m ³ /kg)	0,885	0,853

4. Να παραστήσετε στον ψυχομετρικό χάρτη τη θέρμανση χωρίς ύγρανση ενός χώρου με θερμοκρασία ξηρού βολβού $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ και σχετική υγρασία 40% , ο οποίος θέλει να ανυψώσει τη θερμοκρασία του κατά $7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Απάντηση:

Αφού η θέρμανση είναι κατά $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, η θερμοκρασία ξηρού βολβού θα ανέβει από $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ στους $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Επειδή είναι χωρίς ύγρανση (δηλαδή σταθερός λόγος υγρασίας) το αρχικό σημείο (A) στον ψυχομετρικό χάρτη θα μετακινηθεί οριζόντια. Θα πάει προς τα δεξιά μέχρι να συναντήσει την κατακόρυφη γραμμή των $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (σημείο B). τα σημεία A και B φαίνονται στο επόμενο σχήμα. Η άσκηση δεν ζητά να βρούμε τα υπόλοιπα ψυχομετρικά χαρακτηριστικά.



Άρα η ζητούμενη μετακίνηση είναι από το A στο B.

5. Τι παριστάνει η θερμοκρασία υγρού βολβού;

Απάντηση:

Η θερμοκρασία υγρού βολβού ή υγρού θερμομέτρου, είναι η θερμοκρασία που δείχνει ένα κανονικό θερμόμετρο στο οποίο έχουμε τυλίξει τον βολβό του με ένα πανί, ώστε να βρίσκεται σε υγρασία (όχι όμως να το βάλουμε σε ένα ποτήρι με νερό). Κατόπιν, βάζουμε τον βολβό με το πανί σε ρεύμα αέρα, έτσι ώστε να εξατμίζεται το νερό από το πανί. Μετά από λίγα λεπτά θα δούμε ότι η θερμοκρασία θα έχει μειωθεί, και μάλιστα όσο και να συνεχίζουμε να ρίχνουμε αέρα στο πανί και να συνεχίζεται η εξάτμιση, η θερμοκρασία δεν μειώνεται περαιτέρω. Αυτή τη θερμοκρασία ονομάζουμε θερμοκρασία υγρού βολβού.

Η θερμοκρασία που δείχνει το θερμόμετρο αυτό μειώνεται λόγω του ρεύματος του αέρα, γιατί με την εξάτμιση του νερού (παράγεται ψύξη και) αφαιρείται θερμότητα από τον βολβό. Αυτή η μείωση της θερμοκρασίας δε γίνεται για πολύ, διότι όταν φτάσει η θερμοκρασία στην τιμή που είπαμε, δεν εξατμίζεται άλλο νερό από εκείνο που βρίσκεται σε επαφή με το βολβό. Αυτό γίνεται γιατί έχει φτάσει στη θερμοκρασία κορεσμού (σχετική υγρασία 100%) η «ατμόσφαιρα» του βολβού και όσο νερό εξατμίζεται άλλο τόσο συμπυκνώνεται.

6. Πώς μπορείτε να μετρήσετε τη θερμοκρασία υγρού βολβού ενός χώρου;

Απάντηση:

Εάν έχουμε ένα όργανο που ονομάζεται ψυχρόμετρο, μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε. Αυτό είναι μια μικρή συσκευή με δυο ίδια θερμόμετρα. Το ένα έχει στο βολβό του ένα ύφασμα το οποίο στη μια του άκρη μονίμως είναι βουτηγμένο σε ένα μικρό μπουκαλάκι με νερό. Έτσι ο βολβός αυτός με το ύφασμα είναι σε υγρασία και το θερμόμετρο αυτό μετρά την θερμοκρασία υγρού βολβού. Το άλλο θερμόμετρο είναι ελεύθερο και μετρά τη θερμοκρασία ξηρού βολβού.

Όταν θέλουμε να κάνουμε τη μέτρηση κρατάμε το σύστημα από μια χειρολαβή που έχει και το περιστρέφουμε για λίγα λεπτά. Όταν σταματήσουμε βλέπουμε ότι το ελεύθερο θερμόμετρο δείχνει την ίδια με πριν θερμοκρασία, ενώ το άλλο με τον υγρό βολβό έχει αλλάξει. Μας δείχνει την θερμοκρασία υγρού βολβού, που είναι μικρότερη από του ξηρού.

Αν δεν έχουμε ψυχρόμετρο, μπορούμε να κάνουμε το ίδιο με ένα κανονικό θερμόμετρο, αφού τυλίξουμε με ένα πανί ή με βαμβάκι τον βολβό του. Κατόπιν να το τοποθετήσουμε μπροστά σε ένα ανεμιστήρα και να περιμένουμε μέχρι να σταθεροποιηθεί η θερμοκρασία που θα μας δείχνει το θερμόμετρο. Αυτή είναι η ζητούμενη.

7. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η χαρτογράφηση των ψυχομετρικών όρων;

Απάντηση:

Η λέξη «χαρτογράφηση» δεν μας είναι ιδιαίτερος κατανοητή στη συγκεκριμένη ερώτηση και θα απαντήσουμε στην ερώτηση: υπό ποιες συνθήκες γίνεται η καταγραφή των ψυχομετρικών όρων;

Η καταγραφή των ψυχομετρικών όρων γίνεται στην περιοχή θερμοκρασιών από 0 °C μέχρι 50 °C.

Οι ψυχομετρικοί χάρτες αναφέρονται σε μεγέθη που καταγράφονται στο επίπεδο της θάλασσας. Όμως υπάρχουν και χάρτες για διαφορετικά υψόμετρα, δηλαδή μικρότερες πιέσεις.

